E 2039

IHEFERALVA

(61)

ENERGETICA

620

1

Energetica — Vol. 8 — ianuarie nr. 1/1960 — p. 1-48 — București

1960

PLANUL TEMATIC PE ANUL 1960

A) ARTICOLE DE FOND ŞI EDITORIALE

În aceste articole se semnalează şi comentează evenimente politice, economice sau tehnico-ştiinţifice de însemnătate deosebită; ele apar sub semnătura unor personalităţi de seamă sau prin îngrijirea redacţiei.

B) ARTICOLE TEHNICO-ECONOMICE, TEHNICO-ORGANIZATORICE SAU TEHNICO-ŞTIINŢIFICE, în număr de 4–6 pentru fiecare număr al revistei, ele au caracter de originale sau de sinteză şi se tinde ca ele să fie repartizate în cuprinsul unui număr încît să acopere cît se poate de complet domeniile de specialitate ale revistei.

B_1) ARTICOLE TEHNICO-ECONOMICE ŞI TEHNICO-ORGANIZATORICE

– Mijloacele de reducere a preţului de cost al investiţiilor şi a preţului de cost al energiei electrice la locul de producţie şi la locul de consumaţie.
– Indicii tehnico-economici în exploatarea centralelor termoelectrice.
– Consumul specific de energie electrică pe unitatea de produs în diferite industrii.
– Stabilirea normelor de calcul al preţului de cost al energiei.
– Căile pentru reducerea preţului de cost în proiectarea şi execuţia instalaţiilor energetice.
– Planificarea şi normarea muncii pe şantierele de construcţie şi montaj a instalaţiilor energetice.
– Planificarea şi normarea muncii în institutele de proiectare şi cercetări energetice.
– Planificarea şi normarea muncii în exploatarea instalaţiilor energetice.
– Consideraţii asupra posibilităţilor de reducere a consumurilor serviciilor interne ale centralelor termoelectrice.
– Diferite metode pentru asigurarea protecţiei şi securităţii muncii în energetică.
– Măsuri tehnico-organizatorice pentru protecţia muncii în industria energetică.
– Protecţia muncii în instalaţiile termotehnice.
– Lupta contra prafului de cărbune în sălile de cazane.
– Protecţia muncii în centralele atomoelectrice.

B_2) ENERGETICA GENERALĂ

– Sursele de energie ale ţării, valoarea economică a fiecărei surse, posibilităţile tehnice de valorificare.
– Liniile de orientare a elctricităţii în R.P.R. în cel de al III-lea plan cincinal.
– Folosirea combustibililor locali ţinînd seamă de economia energetică a ţării.
– Electrificarea agriculturii.
– Energetica oraşului.
– Energetica transporturilor.
– Aplicarea curbelor de sarcină şi îmbunătăţirea factorului de putere în sistemele energetice.
– Folosirea energetică a gazelor naturale în R.P.R.
– Noi procedee pentru producerea energiei electrice-pila de combustie, semi-conductori etc.
– Colaborarea energetică internaţională.

B_3) TERMOENERGETICA

– Combustibilii din R.P.R., caracteristicile lor energetice şi folosirea lor raţională.
– Folosirea energochimică a combustibililor din R.P.R.
– Folosirea combustibililor inferiori în focarele industriale.
– Arderea cărbunilor din R.P.R. în stare pulverulentă.
– Probleme în legătură cu arderea economică a combustibililor în focare industriale.
– Focare cu evacuarea lichidă a zgurii.
– Aplicarea recirculării gazelor de ardere la cuptoarele industriale.
– Aerodinamica focarelor industriale şi importanţa sa în procesul de combustie.
– Sisteme de filtrare a gazelor de ardere rezultate din arderea cărbunelui pulverizat.
– Automatizarea instalaţiilor termice în centrale.
– Reglarea automată a cazanelor cu abur.
– Reglarea automată a turbinelor de abur.
– Probleme speciale ale cazanelor de presiuni înalte şi foarte înalte.
– Depozite de combustibil. Metode raţionale de depozitare a cărbunilor.
– Tendinţe moderne în construcţia centralelor termoelectrice.
– Centrale de termoficare moderne.
– Folosirea intensivă şi extensivă a echipamentului din centralele electrice.
– Probleme de exploatare economică a centralelor termoelectrice.
– Analize de avarii în centrale termoelectrice şi măsuri pentru evitarea lor.
– Probleme legate de alimentarea cu apă de răcire a centralelor termoelectrice.
– Măsuri pentru evitarea pagubelor datorită rigorilor iernii în centrale termoelectrice.
– Reţele termice şi schemele cele mai adecuate pentru R.P.R.
– Funcţionarea în paralel a reţelelor termice. Automatizarea reţelelor termice.
– Perspectivele folosirii turbinei cu gaze în centralele termoelectrice.

B_4) ELECTROENERGETICA

– Mijloace auxiliare de calcul pentru studiul sistemelor energetice: modele, analizatoare, calculatoare.
– Stabilitatea statică şi dinamică a sistemelor energetice.
– Studii teoretice şi constatări experimentale.
– Automatizarea în sistemele energetice.
– Tratarea neutrului în sistemele energetice. Soluţii indicate pentru R.P.R.
– Liniile aeriene cele mai indicate pentru R.P.R.
– Linii aeriene pentru electrificări rurale.
– Sisteme de protecţie în sistemele energetice moderne cu posibilităţi de aplicare în reţelele noastre.
– Supratensiuni şi protecţia împotriva lor în sistemele energetice din R.P.R.
– Folosirea aluminiului în construcţia liniilor de transport şi distribuţie cît şi în instalaţii interioare.
– Rolul şi funcţiunile conductoarelor de protecţie şi a punerii la pămînt a stîlpilor pentru reţelele de înaltă tensiune.
– Tensiunea optimă, în condiţiile din R.P.R., pentru electrificări rurale.
– Influenţa chiciurii asupra liniilor de înaltă tensiune. Măsuri pentru evitarea depunerii chiciurii
– Tendinţe noi în proiectarea şi construirea liniilor şi staţiilor de înaltă tensiune.
– Sisteme de comunicaţie telefonică pe linii de înaltă tensiune.
– Pierderile în reţele. normarea şi reducerea lor.
– Tracţiunea electrică şi Diesel electrică.
– Sisteme moderne de electrificare c.f.
– Scheme şi dispoziţii economice pentru staţii de 6–35 kV. Celule prefabricate.
– Posturi de transformare mobile pentru consumatori sezonieri şi electrificări agricole.
– Telemecanica în sistemele energetice.
– Tendinţe noi în construcţia camerelor de comandă.

B_5) HIDROENERGETICA

– Lucrări hidrografice în scopuri hidroenergetice.
– Metode rapide pentru determinarea principalelor caracteristici hidrografice-energetice ale unui curs de apă.
– Hidroenergetica în planurile de amenajare complexă a cursurilor de apă.
– Cercetarea eficienţei unei acumulări de interes hidroenergetic în cadrul unui plan de gospodărire complexă a apelor.
– Problema compensării debitelor în cadrul amenajărilor hidroelectrice.
– Regimul de funcţionare al uzinei hidroelectrice.
– Studii şi probleme de viitor ale uzinelor fluviale în R.P.R.
– Centralele hidroelectrice cu pompaj.
– Probleme de economie a amenajărilor hidroenergetice.
– Indicii de producţie ai centralelor hidroelectrice.
– Exploatarea construcţiilor de interes hidroenergetic în timpul iernii.
– Tipuri de turbine, folosirea lor la diferite tipuri de uzine hidroelectrice.
– Turbinele microcentralelor rurale.
– Probleme de exploatare a echipamentului hidromecanic şi influenţa asupra proiectării.

B_6) ENERGETICA NUCLEARĂ

– Folosirea energiei nucleare în centrale atomoelectrice.
– Procese de bază în tehnica obţinerii energiei nucleare.
– Reactoare pentru centrale atomoelectrice.
– Scheme termice pentru centrale atomoelectrice.
– Probleme de reglaj în centrale atomoelectrice.
– Aspectul economic al folosirii energiei nucleare pentru producerea de energie electrică.
– Studiul construcţiei de centrale atomoelectrice în diferite ţări.
– Obţinerea de energie electrică din reacţii termonucleare dirijate.

C) RUBRICI SPECIALIZATE PE ANUMITE ASPECTE SPECIFICE

a) „Din experienţa întreprinderilor" şi „În ajutorul exploatării" conţin prezentări scurte ale realizărilor obţinute de oamenii muncii din ţara noastră în instalaţiile energetice.

b) „Pentru noile cadre" cuprinde articole de sinteză sau de aplicare pe exemple numerice concrete ale unor metode noi servind pentru orientarea tinerilor ingineri.

c) „Energetica peste hotare" descrie realizări sau proiectări energetice din altă ţară.

d) „Discuţii" ce sînt purtate asupra unor lucrări sau articole deja apărute constînd dintr-o luare de poziţie şi eventual un răspuns.

e) „Din activitatea ASIT" în care se descriu şi popularizează acţiunile ASIT-ului în general, şi în special ale secţiei de specialitate a Consiliului Central şi a secţiilor de la filiale.

f) „Din viaţa asociaţiilor naţionale de ingineri şi energeticieni (resp. electricieni) din alte ţări".

g) „Cronica" servind la comunicarea sau reamintirea unor evenimente de interes pentru energeticieni: congrese, conferinţe, aniversări, comemorări etc.

h) „Documentare" conţinînd note scurte cu indicaţii bibliografice complete ale unor articole sau lucrări apărute în alte reviste din ţară sau străinătate, care se consideră de către redacţie a fi interesante şi utile cititorilor.

i) „Recenzii" care sînt prezentări mai ample şi critice ale unor lucrări de volum şi importanţă rară. Recenzorii, aleşi de redacţie printre persoanele competente în specialitatea respectivă trebuie să facă o critică constructivă a lucrării putînd servi la îmbunătăţirea unor eventuale ediţii ulterioare.

j) „Bibliografie" conţinînd doar titlurile unor articole, rapoarte sau referate din ţară sau străinătate care merită a fi semnalate cititorilor revistei, fără a exista însă posibilitatea unei rezumări a lor sub formă de note documentare.

ENERGETICA

ANUL 8 Nr. 1 IANUARIE 1960

INSTITUTUL DE STUDII
ȘI
PROIECTARI ENERGETICE
1949 — 1959

Acest număr cuprinde articole ale proiectanților

Institutului de Studii și Proiectări Energetice

fiind consacrat împlinirii a zece ani de activitate a acestuia

CUPRINS

CZ 620. 9/066

N. Gheorghiu : **Zece ani de la înființarea Institutului de Studii și Proiectării Energetice.**

Energetica 8 (1960) nr. 1, p. 1

CZ 620. 9/066

N. Armencoiu : **Un deceniu de activitate a I.S.P.E.**

Energetica 8 (1960) nr. 1, p. 2—5

CZ. 621.311.1 : 620.9. (001.1) (498)

A. Cogălniceanu : **Contribuția institutului la studiile energetice și la elaborarea planurilor de perspectivă din domeniul electrificării.**

Energetica 8 (1960) nr. 1, p. 6—7

CZ 621.311.22.001.1

V. Nilu, Al. Hristoforov și *N. Vasilescu* : **Evoluția concepțiilor de proiectare în domeniul centralelor termoelectrice**

Energetica 8 (1960) nr. 1, p. 8—11

CZ. 621.311.21.001.1

Al. Nourescu : **Activitatea de proiectare în domeniul uzinelor hidroelectrice.**

Energetica 8 (1960) nr. 1, p. 12—13

CZ 621.315.1.001.1

P. Militaru și *C. Petrescu* : **Evoluția concepțiilor de proiectare a liniilor de 35 și 110 kV.**

Energetica 8 (1960) nr. 1, p. 14—16

CZ 621.316.262.001.1

D. Voinea : **Zece ani de experiență în proiectarea stațiilor de transformare de 110 și 35 kV.**

Energetica 8 (1960) nr. 1, p. 17—19

CZ 621.311.1 : 63.001.1

P. Militaru, și *C. Țencu* : **Contribuția institutului în domeniul electrificării rurale.**

Energetica 8 (1960) nr. 1, p. 20—21

CZ 621.316.92/93

D. Marc : **Contribuția institutului în domeniul protecției impotriva supratensiunilor.**

Energetica 8 (1960) nr. 1, p. 21—22

CZ 621.311.22.001.1

N. Armencoiu I. Badea, și *M. Marinescu* : **Alegerea mărimii unităților din centralele termoelectrice.**

Se examinează problema alegerii mărimii grupurilor turbogeneratoare de echipare a centralelor termoelectrice cu abur cu condensație. Se tratează un caz concret cu o centrală de 600 MW pentru care se impune o dinamică de construcție în două tranșe de cîte 300 MW. Se conchide că soluția optimă este instalarea a două grupuri de cîte 300 MW. Totuși, pentru prima tranșă, în cazul în care se urmărește reducerea investițiilor în prima etapă, se poate începe echiparea centralei cu trei grupuri de cîte 100 MW, tranșa a doua, obligatoriu, trebuind să fie realizată cu un grup de 300 MW.

Energetica 8 (1960) nr. 1, p. 23—27

CZ 621.311.1 : 621.3.072.2.001.1

L. Groza și *G. Moraite* : **Considerații asupra stabilității statice, dinamice și a reglajului cu ajutorul compensatoarelor în sistemul energetic interconectat al R.P.R.**

În articol se sintetizează rezultatele unui număr însemnat de calcule ce caracterizează ansamblul rețelei naționale interconectate pe etape de dezvoltare, sub următoarele aspecte : stabilitatea statică, în care se caracterizează rigiditatea și capacitatea de transport a rețelei de 110 kV ; analiza variațiilor produse de reglaj, și analiza stabilității dinamice la scurtcircuite, în care se analizează mai multe tipuri de scurtcircuite.

Energetica 8 (1960) nr. 1, p. 27—32

CZ 621.311.1 : 621.316.1001.1

N. Chirculescu : **Proiectarea economică a rețelelor de distribuție urbane și rurale.**

Se analizează problema alegerii puterii optime a posturilor de transformare din rețelele de distribuție urbane și rurale, caracterizate prin distribuitivitatea liniară a sarcinilor.

Lucrarea se încadrează în tendința generală, manifestată în ultimul timp, de a simplifica problema alegerii soluțiilor pentru rețelele de distribuție, pe baza unor relații relativ simple, prin aplicarea cărora să se evite elaborarea unui număr mare de variante de rețele.

Energetica 8 (1960) nr. 1, p. 33—37

CZ 621.311.177.001.1

S. Marcu : **Concepții de proiectare ale noului punct de dispecer național.**

Amenajarea unui nou punct de dispecer național a fost studiată în cadrul unui proiect întocmit în lumina concepțiilor moderne asupra utilizării camerelor de dispecer. În articol se arată soluțiile preconizate în problemele principale, respectiv : amplasarea dispecerului național, alegerea volumului de telemecanizare, realizarea legăturilor de telefonie și telemecanică, amenajarea camerei de comandă.

Energetica 8 (1960) nr. 1, p. 38—40

CZ 621.311.2 : 621-714

C. Burducea și *C. Moțoiu* : **Considerații asupra folosirii turnurilor cu tiraj forțat la unele centrale termoelectrice din țara noastră.**

Turnurile cu tiraj forțat aplicate în prezent pe scară largă în termoenergetică oferă posibilitatea de a reduce temperatura apei de răcire în medie cu 6°C față de turnurile cu tiraj natural.

Se face o comparație tehnică între cele două tipuri de turnuri, arătîndu-se și tendințele pe plan mondial, indicii tehnico-economici de construcție, cum și metodele de calcul pentru stabilirea celui mai avantajos tip de turn.

Energetica 8 (1960) nr. 1, p. 40—45

CZ 621.315.17 : 621.315.668.2.001.1

C. Petrescu și *I. Chirita* : **Deschiderea economică pentru linii de 110 kV pe stîlpi de metal.**

Pe bază de valori reale, se face un studiu cu privire la costul și consumul de materiale pentru linii de 110 kV pe stîlpi de metal în funcție de deschiderea dintre stîlpi. Pornind de la documentații exacte, se stabilesc deschiderile între stîlpi care conduc la minimum de investiții.

Energetica 8 (1960) nr. 1, p. 45—47

Sesiunea tehnico-științifică a I.S.P.E. cu ocazia aniversării a 10 ani de la înființare (1949—1959).

Energetica 8 (1960) nr. 1, p. 48.

COMITETUL DE REDACȚIE

Prof ing. **I. D. STĂNCESCU**, redactor responsabil, conf. ing. **C. MIHĂILEANU**, redactor responsabil adjunct, conf. ing. **I. A. BADEA**, prof. ing. **M. BERCOVICI**, membru corespondent al Academiei R.P.R., laureat al Premiului de Stat, ing. **M. COGĂLNICEANU**, conf. ing. **E. CONSTANTINESCU**, ing. **P. DIMO**, laureat al Premiului de Stat, prof. ing. **C. DINCULESCU**, membru corespondent al Academiei R.P.R., ing. **I. V. HERESCU**, conf. ing. **N. MOLDOVEANU**, prof. ing. **C. PENESCU**, ing. **T. POPA**, ing. **S. SĂNDULESCU** și ing. **P. VICOL**

Revista „**ENERGETICA**", organ al Asociației Științifice a Inginerilor și Tehnicienilor din R.P.R. și al Ministerului Industriei Grele. Redacția : București, Str. Ion Ghica Nr. 3, Raion Tudor Vladimirescu, Telefon 16.78.78 — Administrația și Casieria : București, Calea Victoriei, Nr. 118, Raion I. V. Stalin, Telefon 14.06.24 — Revista este editată de A.S.I.T. — Abonamentele se primesc la administrația revistei, la sediul filialelor și subfilialelor A.S.I.T. din întreaga țară și prin responsabilii cu presa din cercurile A.S.I.T. — Instituțiile pot achita abonamentele pentru biblioteci și cabinetele tehnice în contul nostru de virament : Publicațiile Tehnice A.S.I.T. 070124 B.R.P.R. Filiala I. V. Stalin — București — Tarif pentru întreprinderi : lei 100 anual. — Tarif pentru muncitori, tehnicieni și ingineri : lei 30 anual — Prețul unui exemplar : lei 5 — Tiparul : Întreprinderea Poligrafică Nr. 2, București.

ENERGETICA

ANUL 8
1960
Nr. 1
IANUARIE

ORGAN AL ASOCIAȚIEI ȘTIINȚIFICE A INGINERILOR ȘI TEHNICIENILOR DIN R.P.R
ȘI AL MINISTERULUI INDUSTRIEI GRELE

MŰSZAKI KÖNYVTÁR
1863

Zece ani de la înființarea Institutului de Studii și Proiectări Energetice

Ing. NICOLAE GHEORGHIU
Adjunct al ministrului Industriei Grele

În cursul anului 1959, Institutul de Studii și Proiectări Energetice a împlinit 10 ani de la înființare și a sărbătorit această aniversare printr-o sesiune tehnico-științifică, în care au fost expuse cele mai importante realizări din cei 10 ani de existență, realizări strîns legate de dezvoltarea instalațiilor de producere, transport și distribuție a energiei electrice în R.P.R. în acest interval de timp.

După înființare, în prima fază de activitate, Institutul a efectuat studiile preliminare pe baza cărora a putut fi elaborat planul de electrificare a țării pentru perioada 1950—1960, aprobat de către plenara C.C. al P.M.R. din 26 octombrie 1950. În același timp Institutul a început și activitatea propriu-zisă de proiectare, avînd drept scop în primul rînd realizarea sarcinilor rezultînd din planul de electrificare și dezvoltarea și definitivarea acestui plan prin studii de detaliu. Prin realizarea proiectelor întocmite în anii care au urmat, a putut fi constituită în R.P.R. baza energetică corespunzătoare ritmului rapid de dezvoltare a industriei și în general a întregei economii naționale, producția anuală de energie electrică crescînd dela 1,8 miliarde kWh în 1949 la cca 6,8 miliarde kWh în 1959, adică de 3,7 ori în 10 ani. Acest ritm excepțional nu se întîlnește în dezvoltarea energetică a țărilor capitaliste unde dublarea producției de energie electrică la 10 ani este considerată ca o dezvoltare foarte favorabilă.

Instalațiile energetice proiectate pentru asigurarea acestui ritm de electrificare, prevăzut în plan, au fost numeroase. Dintre ele trebuie menționate uzinele hidroelectrice Sadu, Moroeni, centralele termoelectrice Comănești, Ovidiu, Doicești, Sîngiorgiu de Pădure, Paroșeni și Borzești, cîteva sute de stații de transformare și conexiuni și mai multe mii de km de linii de înaltă tensiune. O importanță deosebită o prezintă proiectarea și executarea în acest timp a hidrocentralei V. I. Lenin-Bicaz. Toate aceste realizări corespund unui nivel tehnic înalt și unor indici economici care au evoluat favorabil de la o lucrare la alta, conducînd la o continuă reducere a prețului de cost.

Aceste rezultate se datoresc în deosebi ajutorului multiplu pe care organizațiile de proiectare și specialiștii din U.R.S.S. l-au dat proiectanților noștri, mai ales în prima perioadă, în anii imediat următori după înființarea Institutului. La acea epocă numărul de specialiști era foarte redus, dar treptat s-au adăugat noi cadre tinere, formate atît în institutele de învățămînt superior din țară, cît și în cele din U.R.S.S.. Astăzi s-a format un colectiv închegat și competent să rezolve probleme din ce în ce mai complexe, la nivelul tehnicii mondiale.

Execuția în bune condițiuni a proiectelor întocmite de ISPE a fost asigurată în cea mai mare parte de către Întreprinderea de construcți a Hidrocentralei V. I. Lenin-Bicaz și de către Trustul de Construcții și Montaje Energetice, organizație care a împlinit în anul 1959 de asemenea 10 ani de existență. Aceste organizații de construcții și montaj au colaborat activ cu ISPE în scopul ridicării calității proiectelor și pentru îmbunătățirea și scurtarea execuției lucrărilor.

Numeroasele succese obținute în domeniul energetic au fost posibile datorită condițiilor create de Partid și Guvern pentru asigurarea electrificării țării noastre. Urmînd directivele Partidului și Guvernului proiectanții și constructorii vor trebui să realizeze progrese și mai mari în anii viitori în marea operă de electrificare a țării, pentru a contribui în mai mare măsură la transformarea socialistă a Republicii Populare Romîne.

Un deceniu de activitate a Institutului de Studii şi Proiectări Energetice

Ing. *N. ARMENCOIU*

Institutul de Studii şi Proiectări Energetice — I.S.P.E. — întreprindere de tip nou, îndeplinind o funcţiune importantă în procesul dotării ţării cu noi investiţii, a împlinit 10 ani de la înfiinţare, perioadă marcată de numeroase şi importante realizări în domeniul energetic.

In urma eliberării patriei noastre de sub jugul fascist, regimul de democraţie populară a creat condiţiile necesare dezvoltării tuturor ramurilor economiei naţionale şi lichidării înapoierii ţării noastre în toate domeniile vieţii economice şi sociale. Actul revoluţionar al naţionalizării industriei din 1948 a dat posibilitatea să se pună premizele pentru organizarea dezvoltării planificate a industriei şi a întregii economii naţionale.

In prealabil însă trebuia creată baza energetică.

In U.R.S.S. dezvoltarea rapidă a economiei a fost posibilă numai prin organizarea sistematică a producerii energiei electrice, acţiune pornită prin GOELRO, minunatul plan leninist de electrificare a marii ţări a socialismului, primul plan de stat al U.R.S.S.

La noi în ţară, necesitatea de a elabora studiile pe baza cărora să se poată întocmi un plan de electrificare şi proiectarea instalaţiilor electrice — centrale, linii şi staţii — decurgînd din acel plan, a determinat înfiinţarea I.S.P.E.-ului în 1949.

După cum se ştie, situaţia generală energetică a ţării noastre înainte de eliberarea de sub jugul fascist era foarte înapoiată şi corespunzător acestei situaţii energetice, activitatea de studii şi proiectare era şi ea foarte redusă.

Faţă de această situaţie, trebuia să se pună bazele unei dezvoltări rapide şi planificate a economiei energetice. De aceea, Institutul de Studii şi Proiectări Energetice a avut imediat după înfiinţare sarcina importantă de a prelucra documentarea tehnică care să permită elaborarea planului de electrificare pentru prima etapă de 10 ani (1950—1960).

Primul plan de electrificare al ţării noastre, întocmit sub directa conducere şi îndrumare a C.C. al P.M.R. şi personal a tovarăşului Gheorghe Gheorghiu-Dej, a fixat principiile de bază privind utilizarea resurselor energetice în vederea electrificării ţării şi a stabilit principalele lucrări necesare a fi executate în cursul primei etape de 10 ani (1950—1960).

In articolul „Contribuţia Institutului de Studii şi Proiectări Energetice la realizarea electrificării ţării noastre", publicat în revista „Energetica" nr. 8/1959 s-a arătat situaţia din trecut a proiectării instalaţiilor energetice şi realizările mai importante din activitatea de 10 ani a I.S.P.E.-ului. In articolul de faţă vom insista asupra orientării tehnice urmată de I.S.P.E. în proiectare, asupra evoluţiei şi a formării concepţiilor proprii şi a metodelor noi aplicate.

Separat, în articolele care urmează, vor fi prezentate aspectele specifice şi unele rezultate obţinute în diferitele sectoare de lucru ale Institutului.

METODOLOGIA ŞI CONCEPŢIA IN PROIECTARE

De la început I.S.P.E. a trebuit să-şi creeze o metodologie de proiectare şi să stabilească linii directoare în activitatea sa tehnică.

In această privinţă ajutorul multiplu primit din partea U.R.S.S. a fost hotărîtor. Orientarea justă a proiectării s-a realizat prin asistenţa primită din partea specialiştilor sovietici, prin vizitele proiectanţilor romîni şi prin documentarea vastă primită de la institutele de proiectare din U.R.S.S. şi prin literatura tehnică de specialitate tradusă îndeosebi din limba rusă. Această documentare a permis însuşirea tehnicei noi în diferitele domenii ale proiectării în I.S.P.E.

Munca în comun în Institut a condus la o înmănunchiere a eforturilor proiectanţilor de specialităţi foarte diferite, deoarece proiectarea în energetică impune aportul unui număr foarte mare de specialişti: electricieni, constructori, hidrotehnicieni, termicieni, energeticieni, arhitecţi, instalatori, organizatori de şantiere, etc., precum şi specialişti pentru studii de teren: geologi, geotehnicieni, hidrologi, geodezi, etc.

Prin eforturile coordonate ale proiectanţilor de aceste specialităţi, axate permanent pe introducerea tehnicei noi, I.S.P.E. a putut da soluţii la nivelul tehnicei mondiale.

S-a urmărit totodată ca soluţiile să fie în concordanţă cu condiţiile generale ale ţării noastre, cum şi cu condiţiile locale de la amplasamentele obiectelor energetice, condiţii determinate prin studii şi cercetări de teren ample. De asemenea, proiectarea a urmărit sistematic îmbunătăţirea indicilor economici şi reducerea preţului de cost a investiţiilor şi a energiei electrice produse.

Ideile călăuzitoare, urmărite de I.S.P.E. în diferitele sale sectoare de activitate, sînt arătate mai departe.

a) Electroenergetică

Pentru realizarea obiectivelor şi precizarea soluţiilor prevăzute în planul de electrificare, I.S.P.E. a efectuat studii energetice şi calcule tehnico-economice în vederea stabilirii configuraţiei şi a funcţionării sistemelor energetice, găsirii modalităţilor celor mai potrivite de alimentare cu energie electrică a tuturor centrelor de consum şi a marilor consumatori, cum şi valorificării complexe a apelor şi combustibililor.

Ideile călăuzitoare şi modul de rezolvare a problemelor principale din acest domeniu au fost:

— Pentru a asigura condiţii tehnice şi economice mai avantajoase pentru alimentarea cu energie a consumatorilor din toate regiunile ţării, s-a urmărit, în primul rînd, integrarea instalaţiilor de producere şi distribuţie a energiei electrice în cadrul unor sisteme energetice regionale şi apoi interconectarea acestora într-un sistem unic pe întreaga ţară. In acest fel, gradul de interconectare a surselor şi a centrelor de consum a fost în continuu mărit, ajungîndu-se în prezent la un sistem naţional interconectat care satisface peste 85% din consumul de energie.

— Stabilirea configuraţiei sistemelor energetice în prima etapă pe baza folosirii tensiunii de 110 kV pentru transporturile importante de putere în interiorul sistemelor şi pentru interconectare între sisteme.

— Alegerea soluţiilor şi a etapei de realizare pentru liniile de transport şi pentru racordul la sistem al centrelor de consum pe baza studiului dezvoltării consumului de energie în perspectivă, a evoluţiei balanţelor energetice şi a calculelor tehnico-economice justificative.

— Tratarea alimentării cu energie electrică şi căldură a noilor consumatori industriali, ţinîndu-se seama şi de problemele legate de alimentarea cu energie a centrelor de consum învecinate pentru a se putea da soluţia optimă pe ansamblu;

— Dezvoltarea şi modernizarea reţelelor de înaltă tensiune din oraşele mari şi centrele industriale importante, urmărindu-se: micşorarea treptelor de tensiuni în deosebi prin reducerea treptelor intermediare şi aducerea de tensiuni mai înalte (110 kV) cît mai aproape de centrul de consum (Bucureşti, Hunedoara); restructurarea reţelelor de medie tensiune şi extinderea lor pe baza principiilor moderne în acest domeniu, cum şi introducerea automatizărilor pentru mărirea siguranţei în exploatare şi micşorarea cheltuielilor de exploatare.

In legătură cu dezvoltarea şi funcţionarea sistemelor energetice a apărut necesitatea elaborării unei metodici cît mai adecuate. In această direcţie s-au întocmit o serie de studii tehnico-ştiinţifice, dintre care unele cu caracter original. Aceste studii se referă la:

— asigurarea stabilităţii statice şi dinamice a centralelor;

— condiții speciale privind funcționarea în paralel a sistemelor;

— determinarea caracteristicilor specifice ale rețelelor R.P.R. (timp de lansare, energie reglantă, etc);

— reglarea tensiunii pe unele linii de transport prin instalare de autotransformatoare și compensatoare sincrone;

— tratarea neutrului rețelelor în scopul evitării supratensiunilor de durată, alimentarea de consumatori asimetrici sau cu caracteristici speciale.

Se poate spune că în prezent există studii de analiză a sistemului electroenergetic R.P.R. stabilind: condițiile tehnice de funcționare în următorii ani, determinarea tensiunilor critice teoretice în nodurile principale, condițiile necesare reglajului tensiunii și frecvenței și dispozițiunile principale necesare pentru continuitatea serviciului (timp minim de întrerupere, condiții speciale de reglaj, etc).

Parte din metodologiile și metodele originale stabilite au fost comunicate Republicii Populare Chineze (tratarea neutrului) și unor institute similare din U.R.S.S. (stabilitate statică, dinamică, reglaj).

Metodele de apreciere tehnico-economică a diverselor soluții posibile au căpătat și ele o dezvoltare mare și au fost din ce în ce mai mult adîncite. Pentru stabilirea eficacității și pentru alegerea soluției optime între mai multe variante se fac analize aprofundate, ținîndu-se seamă în calculele tehnico-economice comparative de investițiile și cheltuielile anuale corespunzătaore soluțiilor examinate aduse la echivalență. În acest scop se ține seama de toate diferențele care pot fi prinse în calcul: pierderi de energie și putere, consum propriu tehnologic, putere asigurată, încadrare în sistem, regimul de consum, investiții pentru deschideri de mine, probabilitatea indisponibilității instalațiilor din cauza avariilor, etc.

b) Termoenergetică

Concepția proprie de proiectare a I.S.P.E.-ului în domeniul proiectării centralelor termoelectrice s-a dezvoltat treptat o dată cu realizarea primelor centrale termoelectrice mari (Doicești, Singiorgiu de Pădure, Paroșeni). Experiența dobîndită la construcția și exploatarea acestor centrale a avut un rol important la proiectarea centralelor următoare, ajungîndu-se la o concepție de proiectare pe linia tendințelor tehnice mondiale, adaptate la condițiile specifice ale țării noastre.

După cum este cunoscut, în tehnica modernă se urmărește continuu producerea energiei electrice și a căldurii cu un consum specific de combustibil cît mai redus și reducerea prețului de cost al energiei electrice și a căldurii produse, obiective influențate de o serie de factori specifici fiecărei țări.

Pe această linie, concepția de proiectare a centralelor termoelectrice în primii 10 ani de activitate I.S.P.E. se caracterizează prin următoarele:

— adoptarea de unități cu puteri din ce în ce mai mari și cu parametri ai aburului din ce în ce mai înalți: de la puteri unitare de 12 MW și abur de 32 ata și 400°C s-a ajuns la proiectarea de centrale cu unități de 100 MW în condensație și 50 MW în termoficare cu abur de 140 ata și 570°C;

— dezvoltarea pe scară largă a termoficării industriale și a termoficării urbane, precum și gruparea a mai multor ocnsumatori în vederea alimentării din aceeași centrală; pe această linie s-au proiectat atît centrale mari (Borzești etc.) deservind complexe mari industriale și centrale mijlocii și mici deservind grupe de consumatori sau consumatori industriali izolați;

— studierea introducerii termoficării urbane a orașelor mari sau a coloniilor muncitorești prin instalarea de grupuri în centrale existente (București, Arad) și prin racordarea la C.E.T. existente (Hunedoara, Borzești);

— utilizarea pentru producerea de energie electrică a cărbunilor calitativi inferiori și a deșeurilor care nu pot avea altă utilizare economică cum și introducerea de instalații pentru recuperarea căldurii deșeu;

— reducerea costului investițiilor și a duratei de execuție prin micșorarea volumului construcțiilor și în ultima etapă prin proiectarea instalării cazanelor și turbinelor în aer liber;

— simplificarea circuitelor tehnologice prin adoptarea de unități bloc cazan-grup turbogenerator-transformator, ca soluție generală pentru centralele cu condensație și de la caz la caz pentru centralele de termoficare;

— reducerea temperaturii gazelor de ardere la ieșirea din cazan. În acest scop I.S.P.E. a dus o acțiune susținută pe lîngă fabricanții de cazane indicînd posibilități de obținere a unor condiții avantajoase chiar în cazul unor temperaturi foarte scăzute ca de exemplu 120°C pentru combustibilul gaz metan;

— adoptarea de sisteme de răcire potrivite, corespunzătoare condițiilor locale: în circuit deschis, în circuit închis, sau în circuit mixt, cu introducerea turnurilor de răcire cu tiraj forțat, care permit reducerea temperaturii apei de răcire cu circa 6° față de cele cu tiraj natural;

— reducerea rezervei în cazanele de abur bazată pe valoarea ridicată a disponibilității în timp a cazanelor, valoare foarte apropiată de aceea a turbinelor. Soluțiile date diferă după felul centralei: de termoficare sau pentru producere numai de energie electrică;

— adoptarea folosirii de combustibili superiori, gaz metan sau păcură, în cazul centralelor echipate cu unități mici în care utilizarea lignitului inferior nu dă bune rezultate în condițiile actuale de construcție a cazanelor;

— mecanizarea și automatizarea proceselor tehnologice cele mai importante cum și centralizarea conducerii. Pe această linie reducerea personalului de exploatare este foarte importantă ajungîndu-se la 1,2 oameni/kW instalat în centrale cu lignit și la 0,75 oameni/kW instalat în centrale cu gaz metan;

— extinderea și îmbunătățirea indicilor de producere a unor centrale existente în special prin instalarea de grupuri de termoficare (Grozăvești, Brăila).

c) Hidroenergetica

Amenajarea rațională de uzine hidroelectrice impune o cunoaștere temeinică a resurselor hidroenergetice disponibile ale cursurilor de apă. De aceea, îndată după înființare, I.S.P.E. a urmărit perseverent inventarierea potențialului hidroenergetic al țării noastre și stabilirea posibilităților celor mai avantajoase de amenajare de uzine hidroelectrice, pe bază de studii și lucrări de cercetare.

Concepțiile proprii de proiectare s-au dezvoltat treptat și în acest domeniu pe măsura adîncirii cunoașterii caracteristicilor resurselor hidroenergetice ale țării noastre și a rolului pe care pot să-l îndeplinească uzinele hidroelectrice în cadrul sistemelor energetice și pe măsura experienței dobîndite la proiectarea și la construcția U.H.E. Moroeni și Sadu și în deosebi la realizarea U.H.E. V. I. Lenin-Bicaz.

Concepțiile de amenajare a uzinelor hidroenergetice și progresele realizate în proiectarea lor au evoluat, urmărindu-se progresele tehnice moderne, ținîndu-se seama de condițiile specifice ale țării noastre și de posibilitățile pe care le oferă terenul pentru realizarea amenajărilor. Obiectivele principale urmărite sînt: stabilirea soluțiilor optime din punct de vedere energetic și constructiv, reducerea investițiilor specifice și a prețului de cost, cum și scurtarea timpului de execuție a lucrărilor.

Ideile călăuzitoare și modul de rezolvare al problemelor principale în acest domeniu au fost:

— realizarea de uzine de mare putere prin concentrare într-o singură amenajare a debitelor și a căderii disponibile pe sectoare cît mai lungi ale cursurilor de apă;

— construcția de baraje cu mari lacuri de acumulare în condiții tehnice și economice avantajoase, care să asigure regularizarea debitelor atît pentru producerea de energie, cît și pentru alte folosințe (U.H.E. V. I. Lenin);

— amenajarea pe același curs de apă de uzine hidroelectrice în cascadă în aval de marile acumulări, executînd lucrările în etape succesive (Bistrița aval U.H.E. V. I. Lenin);

— ridicarea calității energiei hidroelectrice, și anume ca energie de vîrf, prin stabilirea unui raport optim între puterea instalată și capacitatea anuală de producere de energie a uzinelor hidroelectrice care dispun de mari lacuri de acumulare ;

— instalarea în anumite centrale hidroelectrice de agregate combinate pentru producere de energie electrică și pompaj în vederea măririi puterii instalate și a compensării variațiilor curbelor de sarcină.

La proiectarea uzinelor hidroelectrice s-au introdus metode de calcul noi și s-au rezolvat probleme dificile de construcții hidrotehnice, de multe ori prin metode și soluții originale, elaborate în cadrul I.S.P.E. Dintre acestea citâm :

— metode de dimensionare a barajelor evidate ;

— metode de calcul static și termic al barajelor în arc ;

— metode de calcul pentru predeterminarea efectelor cutremurelor asupra barajelor de beton ;

— metode de calcul a radierelor și pilelor barajelor de derivație echipate cu stavile de mari dimensiuni, considerate ca structuri rezemate pe mediu elastic ;

— utilizarea largă a încercărilor pe modele, pentru dimensionarea obiectelor hidrotehnice principale ;

— proiectarea castelelor de apă de mare înălțime aplicînd calculele pentru pînze subțiri ;

— fundarea barajelor și a altor uvraje în condiții de teren dificile (baraj V. I. Lenin) ;

— adoptarea pentru uzinele de puteri și căderi mari de soluții cu galerii forțate blindate și centrale subterane, acolo unde constituția geologică a terenului permite ;

— dimensionarea căptușelii galeriilor considerînd roca în toată complexitatea proprietăților ei (conlucrarea elastică între rocă și căptușeală) și nu ca un mediu elastic omogen și izotrop, astfel cum era privită în teoriile clasice ;

— elaborarea de tehnologii de execuție mecanizate și adecvate obiectelor (execuția betonării tunelului U.H.E. V. I. Lenin).

Aceste metode au înlocuit sau au îmbunătățit calculele sumare și uneori empirice din trecut, care erau întotdeauna acoperitoare evitîndu-se astfel supradimensionări costisitoare.

d) Stațiile electrice și liniile de transport de energie electrică

La proiectarea acestor obiecte energetice, ISPE a urmărit soluții care să conducă la siguranța cît mai mare în exploatare și la reducerea costurilor de investiție.

Pentru stații s-au avut în vedere următoarele :

— folosirea cît mai rațională a spațiului ocupat de instalație ;

— simplificarea schemelor de conexiuni primare ;

— perfecționarea soluțiilor pentru camerele de comandă ;

— limitarea serviciilor interne la strictul necesar ;

— adoptarea automatizărilor și telemecanicei ;

— introducerea industrializării în construcție ;

— folosirea de mijloace pentru compensarea energiei reactive.

Aplicarea acestor măsuri a permis obținerea de stații ale căror indici tehnico-economici sînt din ce în ce mai favorabili.

La proiectarea liniilor electrice ISPE a trebuit în prealabil să stabilească premizele tehnico-științifice care să permită dimensionarea suporților, conductoarelor, etc., în raport cu condiiile specifice din țara noastră : vînt, chiciură, temperatură, etc.

Pe baza studiilor s-au elaborat prescripții ameliorate pe parcurs pe măsura cunoașterii mai precise a solicitărilor la care sînt puse să lucreze părțile componente ale liniilor.

— ușurarea execuției prin prevederea unor dispoziții constructive mai puțin pretențioase ;

— eliminarea construcțiilor metalice din stațiile exterioare : cadre și suporți de aparate, precum și înlocuirea stîlpilor de lemn și de metal cu stîlpi de beton armat.

Din aceste motive la primele lucrări s-au înregistrat valori de investiții mai mari, s-au ocupat suprafețe de teren importante la stații, iar la linii indicii de consum de materiale au fost ridicați.

Treptat printr-un proces continuu de perfecționare a concepției de proiectare soluțiile s-au îmbunătățit substanțial. Dezvoltarea rețelelor sistemului energetic național a permis o simplificare a schemelor de conexiuni electrice, iar mărirea sortimentului și ameliorarea calităților echipamentelor fabricate în țară — la care o contribuție importantă a avut-o și I.S.P.E. — a deschis largi perspective pentru modernizarea instalațiilor.

Față de anul 1951 în 1959 s-au proiectat stații de transformare cu un cost specific de aproape 3 ori mai scăzut, cu un volum specific clădit de 2—5 ori mai mic, cu un grad de utilizare a terenului de 3—5 ori mai bun, etc. Pentru liniile de transport numai față de anul 1956 costul pe km a scăzut cu 22%, iar consumul de materiale pentru stîlpi s-a micșorat cu 30—40%.

In ultimul an, pe baza experienței obținute în urma proiectării a peste 140 de stații de transformare de toate categoriile s-a început o acțiune vastă de uniformizare a soluțiilor tehnice pînă la 110 kV inclusiv și s-a trecut la proiectarea primelor stații de 220 kV.

In ceea ce privește liniile de transport, proiectarea a peste 2000 km de linii de 110 kV a permis tipizarea unor elemente constructiv-economice, stîlpi, fundații, etc. și a creiat baza soluționării problemelor noi legate de apariția liniilor de tensiuni foarte înalte 220 kV și 380 kV.

e) Construcții și Arhitectură

Concepția de proiectare a construcțiilor energetice în I.S.P.E. a evoluat determinată în special de soluțiile tehnologice ale obiectelor proiectate și de directivele organelor oficiale care îndrumează proiectarea construcțiilor la noi.

La proiectarea marilor centrale termoelectrice, în afară de Doicești, I.S.P.E. a primit, pînă în anul 1957, autorul multiplu al Institutului de proiectări termoelectrice (T.E.P.) din Moscova.

In aceeași perioadă I.S.P.E. a proiectat, folosind numai forțele proprii, o serie de obiecte la acele centrale (clădiri anexe, coșuri de fum, estacade pentru conducte, etc.), numeroase extinderi ale clădirilor centralelor termoelectrice existente cum și clădirile a o serie de centrale Diesel noi.

La Doicești, prima termocentrală de mare putere la care partea de construcție s-a proiectat în întregime în I.S.P.E., s-a adoptat pentru clădirea principală soluția cadrelor de beton armat multiplu static nedeterminate, alcătuind un asamblu monolit cu un volum clădit de circa 250 000 m³.

Construcția situată într-o zonă de seismicitate pronunțată, prezintă un interes deosebit atît prin deschiderile mari, cît și prin sarcinile importante așezate la înălțimi mari.

La proiectarea după 1957 a celorlalte termocentrale mari, a căror parte de construcție nu s-a mai contractat în străinătate, I.S.P.E. a aplicat în deosebi următoarele idei :

— trecerea de la sistemul pavilionar la sistemul grupării clădirilor ;

— simplificarea sălii cazanelor prin rezemarea acoperișului direct pe cazane sau simplificarea clădirii prin amplasarea cazanelor în aer liber ; recent s a studiat o C.T.E de 6 MW la care și degazoarele cum și turbinele sînt prevăzute a fi în aer liber. Pentru scheletul de rezistență s-au studiat soluții cu stîlpi prefabricați de greutate importantă, ferme cu zăbrele de deschidere mare din beton armat și acoperirea sălii turbinelor sau a camerei de comandă (la C.E.T. Brazi) cu suprafețe autoportante din beton armat.

Folosirea prefabricatelor de beton armat s-a dezvoltat la acele construcții energetice unde puteau interveni elemente de mare serie cum sînt liniile electrice și în oarecare măsură stațiile electrice.

La centralele electrice caracterul de unicat al clădirilor (cu totul deosebite de majoritatea halelor industriale unde se pot folosi în serie mare aceleași tipuri de elemente constructive), sarcinile importante și lipsa utilajului potrivit pentru montaj au adus limitări, elementele prefabricate găsind o justă folosire în deosebi la coșuri de fum, estacade pentru conducte, acoperișuri, etc.

Uneori deși preconizate și studiate de proiectant, soluția construcției din prefabricate de beton armat nu a putut fi adoptată din lipsă de posibilități ale constructorului.

Cînd toate premizele au corespuns, proiectarea s-a putut axa pe această cale.

Astfel la una dintre marile termocentrale în curs de proiectare s-a adoptat soluția structurii de rezistență în întregime din elemente prefabricate grele, soluție devenită posibilă prin faptul că se va dispune pe șantier de o macara cu capacitate de ridicare de 40 t, necesară pentru montarea echipamentului tehnologic.

Clădirile hidrocentralelor s-au proiectat de la început în întregime în I.S.P.E. rezolvîndu-se de la caz la caz problemele speciale pe care le pun aceste construcții.

Pentru clădirile stațiilor de transformare I.S.P.E. s-a orientat spre utilizarea elementelor prefabricate din 1952, înainte de apariția directivelor oficiale, ca în proiectul stație de 35 kV Timișoara, prevăzută în întregime din prefabricate, la stația București Est pentru grinzi și platelaj. În anul 1957 s-au proiectat clădirile a două stații de transformare de 110 kV în întregime din elemente prefabricate în ipoteza executării succesive a mai multor stații de același tip. Această cale nu a putut fi însă urmată din cauza necesității diferențierii stațiilor după necesitățile consumatorilor, etc.

Din aceste motive pentru clădirile stațiilor de transformare s-a păstrat în general soluția cu beton armat monolit sau zidării portante și planșee de beton armat, după importanța și solicitările construcțiilor.

Stațiile exterioare pretîndu-se mai bine la aplicarea prefabricatelor, s-a abandonat de la început soluția cadrelor din elemente metalice zăbrelite, trecîndu-se la construcții din elemente din beton armat vibrat și apoi la elemente din beton armat centrifugat, soluție perfecționată continuu.

Concepția care a stat la baza proiectării părții de arhitectură a construcțiilor energetice în I.S.P.E. încă de la înființarea lui, a fost de satisfacere a procesului tehnologic prin construirea de suprafețe și volume strict necesare desfășurării normale a acestuia.

Structura de rezistență și elementele constructive ale clădirilor au participat la compoziția arhitectonică a fațadelor, rămînînd aparente. Pentru sublinierea caracterului industrial al clădirilor s-a adoptat la finisajul fațadelor zidăria aparentă de cărămidă care alternează cu structura vizibilă și tencuită. Nu s-au prevăzut decorații și profile inutile, care ar fi dăunat caracterului industrial al clădirilor.

Pe măsura adoptării prefabricatelor în construcții, s-au folosit acestea și ca elemente arhitectonice la ancadramentele ferestrelor, cornișele, etc. (C.E.T. Borzești) ; elementele de fațadă gata finisate ale unor stații de transformare etc. În cazul U.H.E. Bicaz, care are un caracter de unicat, fațadele centralei s-au proiectat placate în piatră naturală, cu pilaștri, cornișe și ancadramente în stilul arhitecturii locale moldovenești.

La proiectarea în curs a marilor termocentrale se urmărește mai departe în arhitectură linia progresistă corespunzătoare adoptării soluțiilor înaintate pentru structuri : pînze subțiri și prefabricate.

*

Succesele I.S.P.E. în decursul celor 10 ani de activitate nu ar fi fost posibile fără existența unui program de electrificare trasat de partid, pentru a cărui înfăptuire au fost utilizate resurse materiale și umane deosebit de importante.

Institutul a putut să-și desfășoare activitatea într-un cadru de condițiuni ce sînt un rezultat al înfăptuirilor regimului de democrație populară din țara noastră.

În nici o țară capitalistă contemporană, ca să nu mai vorbim de trectul regim al țării noastre, nu pot fi condițiuni ca acelea create pentru Institutul nostru de proiectare în care întreaga putere de gîndire, îndrăzneală, spiritul inovator să fie pus în slujba progresului tehnic și al binelui societății. De asemenea trebuie subliniat că în cei 10 ani de activitate, institutul a avut sprijinul neprețuit al celei mai avansate tehnici — tehnica sovietică — prin colaborarea cu institutele de proiectare și specialiștii sovietici, precum și prin folosirea documentațiilor tehnice sovietice, ceea ce a ușurat rezolvarea celor mai complexe probleme energetice, la nivelul avansat al tehnicii moderne.

Creșterea consumului de energie electrică determinată de industrializarea socialistă a țării noastre, de dezvoltarea agriculturii și de ridicarea nivelului de trai al oamenilor muncii face necesară proiectarea și realizarea unor noi centrale electrice de capacitate din ce în ce mai mare și de linii de transport electric de tensiuni foarte înalte (220 și 380 kV) cu toate instalațiile aferente.

Pe baza directivelor Congresului al II-lea al P.M.R. precum și hotărîrilor plenarelor C.C. al P.M.R. din noiembrie 1958, iulie 1959 și decembrie 1959, Institutul urmărește cu stăruință introducerea în măsură cît mai mare a tehnicii celei mai înaintate, prin aplicarea în deosebi a rezultatelor obținute de energeticienii și constructorii sovietici.

În special în problema economiilor la obiectele proiectate, ultima perioadă de activitate s-a caracterizat printr-o exigență deosebită. Numai în anul 1959 prin măsurile aplicate la proiectarea obiectelor energetice s-au realizat economii de 45 000 000 lei, care reprezintă o reducere a costului lucrărilor de 7%.

Un imbold deosebit și o solicitare mai mare a capacității tehnice a Institutului îl vor constitui sarcinile ce trebuie realizate în baza directivelor de plan economic, aprobate de plenara C.C. al P.M.R. din 3—5 decembrie 1959.

Tovarășul Gh. Gheorghiu-Dej a arătat în raportul său că în 1960 din totalul investițiilor în industrie, 39% reprezintă cele pentru industria energetică și a combustibilului. Pentru ramura energiei electrice se prevede o producție de 7,7 miliarde kWh, adică o creștere de 14%.

Volumul mare de lucrări vor cere Institutului orientarea către o proiectare din ce în ce mai eficientă, iar soluțiile aplicate vor trebui să ducă la cea mai mare rentabilitate și folosire a capacității de producție.

Plenara a subliniat că o dată cu creșterea volumului de investiție se impun măsuri hotărîte pentru ca acest volum să fie realizat și ca fondurile investite să dea cît mai repede rezultate concrete. În acest scop se cere toată atenția pregătirii proiectelor și respectării termenelor de dare în funcțiune.

În această luptă pentru realizarea tuturor sarcinilor puse de partid folosindu-ne de experiența și succesele dobîndite pînă acum, Institutul își va baza activitatea de proiectare pe folosirea mijloacelor de producție cele mai avansate, pe introducerea automatizării și a tuturor procedeelor la nivel înalt pe care le folosește tehnica mondială, pe reducerea continuă a prețului de cost al investițiilor creînd condițiile cele mai economice pentru realizarea obiectelor energetice. Ca o sarcină centrală ce rezultă din documentele plenarei și care-și poate găsi un larg cîmp de activitate în domeniul proiectelor ce se întocmesc în Institut, este industrializarea și prefabricarea pe scară largă a construcțiilor energetice, micșorarea investițiilor în special prin diminuarea ponderii construcțiilor în cadrul investiției generale, amplasarea echipamentului în dispoziție descoperită și utilizarea echipamentelor celor mai avansate ca tehnicitate, parametri și productivitate, precum și scurtarea duratelor de punere în funcțiune a instalațiilor.

Contribuţia unităţilor Energosisteme la realizarea electrificării ţării

Ing. ALEXANDRU COGĂLNICEANU

Cu ocazia examinării şi aprobării planului de electrificare în 1950 de către partid şi guvern, s-au trasat o serie de directive şi sarcini în ceea ce priveşte activitatea viitoare în legătură cu electrificarea ţării.

Din aceste sarcini a rezultat necesitatea înfiinţării sectorului nostru, sector înfiinţat în primăvara anului 1951 în cadrul I.S.P.E. sub denumirea Sectorul planuri de perspectivă şi denumit în prezent „Energosisteme".

În preocuparea acestui sector au intrat următoarele obiective:

— stabilirea soluţiilor privind instalaţiile cuprinse în planul de electrificare pentru crearea şi dezvoltarea sistemelor energetice;

— executarea studiilor şi cercetărilor în vederea elaborării planului general de electrificare a ţării, precum şi valorificarea tuturor resurselor energetice ale ţării.

Profilul sectorului nu a fost precizat printr-un document oficial, ci a fost adaptat pe măsura sarcinilor şi necesităţilor ce au apărut ulterior.

O dată cu sfîrşitul perioadei de 10 ani de la elaborarea primului plan general de electrificare a ţării, s-a întocmit un nou plan de perspectivă. Acest plan are ca scop, pe de o parte, să orienteze într-o redare de ansamblu modul cum se vor încadra în perspectiva mai îndepărtată obiectivele realizate sau în curs de realizare din perioada decenalului, iar pe de altă parte să determine linia generală de urmat în viitorii 10...15 ani.

În cea mai mare parte, această sarcină a revenit unităţilor Energosisteme, care au şi întocmit primele propuneri privitoare la dezvoltarea instalaţiilor energetice în perioada 1960—1975.

Spre deosebire de modul cum a fost întocmit primul plan de electrificare, în care I.S.P.E. a avut sarcina de a aduna şi prelucra datele şi materialele necesare elaborării acestui plan, în prezent I.S.P.E. are un aport substanţial la elaborarea lucrărilor de electrificare a ţării.

Problemele ce se ridică sînt din ce în ce mai complexe, antrenînd specialităţi diferite şi cadre pregătite, formate în cea mai mare parte în perioada de 10 ani de activitate a I.S.P.E.

Pentru rezolvarea tuturor acestor probleme, activitatea sectorului se desfăşoară coordonat atît în domeniul electroenergeticii cît şi al termoenergeticii şi hidroenergeticii. Această activitate se traduce prin numeroasele studii ce au stat la baza tuturor lucrărilor energetice mai importante din R.P.R.

În cadrul studiilor întocmite s-a ţinut seama de ultimele tendinţe şi perfecţionări tehnice în ramura producerii, transportului şi distribuţiei energiei electrice, urmărind să se promoveze acele soluţii care corespund cel mai bine la condiţiile specifice ale ţării noastre.

Pentru fundamentarea propunerilor de lucrări pentru dezvolta rea instalaţiilor în perspectivă, au fost făcute şi studii speciale, executate pentru prima dată în ţara noastră, privind diversele compartimente care alcătuiesc scheletul planului de electrificare, ca de exemplu: determinarea puterii de rezervă, proporţia raţională între centralele termo şi hidroelectrice, tratarea neutrului reţelelor, stabilitatea statică şi dinamică etc.

În cele ce urmează se redă linia generală şi concepţia care a stat la baza studiilor întocmite de unităţile Energosisteme, studii grupate după cele trei domenii de preocupări, respectiv: electroenergetice, termoenergetice şi hidroenergetice.

A. Studii electroenergetice

În cadrul studiilor cu conţinut electroenergetic s-a urmărit în special realizarea următoarelor obiective:

— alegerea scării raţionale de tensiuni pentru reţelele electrice şi stabilirea configuraţiei optime a sistemelor energetice;

— mărirea gradului de interconexiune prin extinderea reţelei sistemelor şi racordarea la sistem de noi centre de consum şi producţie;

— asigurarea condiţiilor de funcţionare a sistemelor energetice;

— alegerea soluţiilor optime din punct de vedere tehnic şi economic pentru alimentarea cu energie electrică a consumatorilor industriali şi a oraşelor.

Aceste obiective principale au fost îndeplinite în felul următor:

Stabilirea configuraţiei sistemelor energetice în condiţiile tehnico-economice cele mai avantajoase a fost urmărită în mod consecvent în studiile întocmite. Calculele au arătat că în perioada de 10 ani a fost suficientă tensiunea de 110 kV pentru interconectarea sistemelor energetice ale ţării şi pentru transportul puterii la consumatori.

În studiile tehnico-economice care ţin seama de etapele de dezvoltare ale sistemelor energetice după 1960, s-a preconizat apariţia unor tensiuni superioare de transport, de 220 şi 380 kV.

Mărirea gradului de interconexiune prin extinderea reţelei sistemelor şi racordarea de noi centre sau consumatori importanţi a fost continuată în această direcţie, încadrîndu-se propunerile pentru racordarea centralelor Baia Mare, complexul industrial Chişcani, etc.

S-au studiat probleme noi pentru sistemele noastre privind alimentarea unor consumatori asimetrici precum şi funcţionarea temporară în 2 faze pe linii de 110 kV.

În vederea îmbunătăţirii funcţionării sistemelor energetice s-au propus măsurile necesare pentru compensarea puterii reactive, tratarea neutrului reţelelor, asigurarea stabilităţii statice şi dinamice a reţelelor, instalaţii de reglaj etc.

În metodologia folosită de I.S.P.E., în rezolvarea acestor probleme, s-au utilizat cu rezultate interesante şi două metode noi româneşti (analizorul grafic pentru reţele şi tratarea neutrului), metode care au fost transmise şi în alte ţări.

Este necesar să se sublinieze că în urma studiilor întocmite de Energosisteme s-au creat şi dezvoltat sistemele energetice care în 1944 erau practic inexistente.

B. Studii termoenergetice

Urmărind o cît mai raţională utilizare a resurselor termoenergetice s-au avut în vedere următoarele directive de concepţie:

— dezvoltarea pe scară largă a termoficării industriale şi introducerea termoficării urbane acolo unde este avantajoasă;

— amplasarea marilor consumatori de căldură în apropierea centralelor de termoficare;

— utilizarea de instalaţii de recuperare a căldurii deşeu sau a deşeurilor de combustibil rezultate de unele instalaţii industriale;

— îmbunătăţirea indicilor de producere a energiei electrice în centralele existente;

— utilizarea de agregate cu parametri ridicaţi şi de puteri unitare mari.

Ca urmare a studiilor efectuate de sectorul Energosisteme se citează ca fiind mai importante următoarele lucrări, unele fiind realizate, iar altele în curs de realizare;

— extinderea CET Borzeşti cu 125 MW şi CET Paroşeni cu 150 MW cu echipament de parametri superiori celui preconizat iniţial (140 ata 575°C);

— CET Ploeşti, de 200 MW, propusă din iniţiativa sectorului nostru cu scopul de a prelua un consum important de abur necesar unor rafinării din Ploeşti, în prezent produs în mod neeconomic. Numai pe seama consumului actual de abur această centrală aduce economii de cheltuieli anuale în valoare de 50 mil. lei;

— centralele de termoficare Chişcani, Craiova, Tg. Mureş, Suceava etc., la care s-a urmărit atît gruparea judicioasă a consumatorilor de căldură cît şi introducerea de echipament cu parametrii ridicaţi (100—140 ata 530—575°C).

Pentru termoficarea urbană s-au întocmit studii detaliate privind oraşele Bucureşti, Arad, Timişoara, Oradea, Hunedoara, concluziile unora dintre aceste studii fiind în prezent traduse în practică.

C. Studiul resurselor hidroenergetice şi al amenajării de uzine hidroelectrice

În scopul utilizării resurselor hidroenergetice s-au elaborat o serie de studii ce s-au bazat pe următoarele obiective:

— inventarierea potenţialului hidroenergetic al cursurilor de apă;

— studierea schemelor de amenajare a uzinelor hidroelectrice rezultate ca cele mai avantajoase;

— studiul posibilităţilor de construcţie de baraje, cu mari lacuri de acumulare pe cursurile de apă importante;

— studiul înglobării în schemele de amenajare a grupurilor de pompaj.

Pe baza directivelor date prin HCM nr. 1117 din 1950, s-a început studiul şi inventarierea sistematică a potenţialului hidroenergetic al cursurilor de apă din R.P.R. în vederea întocmirii planurilor de electrificare de perspectivă.

Deoarece se simţea nevoia unui studiu de inventariere a resurselor hidroenergetice pentru întreaga ţară, în legătură cu elaborarea schiţelor de plan de amenajare a apelor pe bazine hidrografice, de către Direcţia Generală Hidrometeorologică — I.P.A.CA. (actualul C.S.A.), s-a întocmit în perioada 1953—1957 o primă ediţie a studiului de inventariere a resurselor hidroenergetice.

În afară de studiile de inventariere a potenţialului s-au întocmit o serie de studii şi memorii tehnico-economice pentru diferite bazine.

A fost urmărită aplicarea principiilor tehnice moderne de amenajare în mod consecvent. Astfel, printr-o judicioasă folosire a condiţiilor naturale, s-a urmărit realizarea de centrale de putere mare cu lacuri de acumulare importante, prin concentrarea debitelor de pe mai multe bazine secundare.

În această situaţie sînt şi unele uzine de pe cîteva ruri unde puterea instalată prevăzută pentru aceste U.H.E. au valori cuprinse între 100 MW şi 200 MW. În studiile anterioare puterile acestor centrale erau cuprinse între 30 MW şi 70 MW.

Pe baza propunerilor sectorului, s-a introdus amenajarea de baraje cu mari lacuri de acumulare la unele centrale. Prin aceasta se asigură o regularizare avansată a debitelor rîurilor, care, pe lîngă efectul favorabil asupra producţiei de energie electrică, permite utilizarea debitelor şi pentru celelalte folosinţe complexe ale apei (irigaţii, alimentări cu apă etc.).

Introducerea pompajului în schemele de amenajare hidroelectrică s-a făcut pentru cazurile în care condiţiile naturale permit acest lucru în mod avantajos.

În afara acestor lucrări, în cadrul unităţilor Energosisteme s-au studiat probleme în legătură cu interconexiunea internaţională. Aceste probleme au fost examinate atît pe linie de CAER cît şi în cadrul convenţiilor bilaterale.

Concluzii

Din cele de mai sus rezultă că activitatea principală a sectorului constă în elaborarea de studii şi memorii tehnico-economice complexe privind planul de electrificare al ţării noastre, resursele energetice, construcţia şi exploatarea de centrale hidro şi termoelectrice, staţii de transformare şi linii de transport şi distribuţie. În cadrul acestor studii trebuie rezolvate calcule electrice şi tehnico-economice speciale, de nivel superior, întrucît pe baza acestora se hotărăsc instalaţiile energetice ce trebuie făcute.

Rezultatele mai importante obţinute de sector în activitatea sa, datorită efortului deosebit depus de proiectanţi şi atenţiei date rezolvării sarcinilor, sînt:

1. S-au studiat şi s-au propus soluţii corecte pentru toate problemele tehnice puse în cadrul realizării planului de electrificare a ţării, interconectarea şi dezvoltarea sistemelor energetice, calcule de stabilitate, calcule de disimetrie etc.

2. S-a asigurat fixarea unei linii energetice unitare de dezvoltare a instalaţiilor energetice.

3. S-a asigurat fixarea unei linii directoare în aplicarea termoficării, propunîndu-se în toate cazurile în care termoficarea este justificată.

4. S-au studiat resursele hidroenergetice ale cursurilor noastre de apă şi o serie de amenajări importante, ceea ce permite cunoaşterea uzinelor hidroelectrice. care prezintă condiţii mai avantajoase de realizare în toate regiunile ţării precum şi a barajelor cu mari lacuri de acumulare.

5. S-au obţinut realizări importante pe linia introducerii tehnicii noi, a obţinerii de economii de investiţii şi a reducerii preţului de cost al energiei electrice.

Evoluţia concepţiilor de proiectare în domeniul centralelor termoelectrice (1949–1959)

Ing. VASILE I. NIŢU, ing. ALEXANDRU HRISTOFOROV şi ing. NELU VASILESCU

Profilarea în Institutul de studii şi proiectări energetice a unui sector specializat în proiectarea centralelor termoelectrice a jucat un rol important în munca de pregătire şi realizare a planului de electrificare a ţării.

Înfiinţat pe scheletul unor unităţi de studii din cadrul fostelor societăţi de administrare a centralelor electrice şi cu concursul unor cadre din sistemul de învăţămînt superior, sectorul de proiectare a centralelor termoelectrice şi-a mărit colectivul prin recrutarea unui număr important de cadre tinere. Pentru întregul colectiv aprobarea planului de electrificare a însemnat un prilej de rapidă maturizare. Aşa cum o demonstrează şi principiile planului de electrificare, crearea de centrale termoelectrice trebuia să premeargă în activitatea generală de electrificare, şi sectorului termoenergetic i-a revenit sarcina să asigure cu prioritate proiectele de centrale termoelectrice.

Problemele care au trebuit să fie rezolvate în acest domeniu au fost următoarele :

— studierea începerii proiectării marilor centrale termoelectrice arătate în planul de electrificare ;

— mărirea capacităţii de producţie a unora din centralele existente ;

— crearea de unităţi energetice locale, cu putere redusă, bazate în special pe centrale Diesel, în regiuni unde era nevoie imediată de energie.

Este interesant de subliniat că toate problemele expuse mai sus au trebuit să fie atacate imediat şi concomitent.

Dacă crearea premiselor de începerea proiectării marilor centrale termoelectrice era o problemă de mare răspundere, legată în special de alegerea amplasamentelor, nici celelalte probleme nu erau lipsite de importanţă. Rapiditatea cu care trebuiau create unităţile energetice locale, ca şi problemele dificile ridicate de mărirea capacităţii de producţie a unora din centralele existente cereau aceeaşi mare răspundere.

În cadrul primei probleme şi-a spus un cuvînt hotărîtor ajutorul tehnic sovietic. Independenţa cu care astăzi, după un deceniu de activitate, Institutul poate ataca orice problemă de termoenergetică se datorează şi permanentei colaborări şi ajutorului energeticei sovietice.

În primul an al activităţii Institutului, proiectanţii romîni, cu ajutorul delegaţilor proiectanţi sovietici, au început să gîndească asupra problemelor de rentabilitate, au înţeles că o centrală electrică constituie un complex şi că imediat ce este creată atrage în jurul ei, în afara problemelor tehnice, încă un şir de probleme complexe, de ordin economic, social, politic etc.

Printre dificultăţile întîmpinate la începutul activităţii de proiectare au fost, în primul rînd, acelea legate de alegerea terenurilor pentru construcţia centralelor noi. Un grup de ingineri cu experienţă mai îndelungată cercetau aceste terenuri, de multe ori neavînd la îndemînă mijloacele necesare executării unor studii de teren, stabilind totuşi posibilităţile de amplasare prin interpretarea judicioasă a condiţiilor şi diverselor posibilităţi locale. Terenurile cercetate ofereau în genere suprafeţe restrînse, adesea inundabile, necesitînd deplasări de şosele şi căi ferate şi executarea unor lucrări de amenajare a terenului cu volum de lucrări de pămînt foarte mari pentru crearea spaţiului necesar soluţii considerate pînă atunci prohibitive.

Astfel, este demn de citat exemplul centralei Paroşeni, unde o dispoziţie pe două nivele în cadrul unui relief frămîntat a permis o răcire în circuit mixt fără pompe la condensatoare, reducînd consumul propriu ; exemplul centralei Sîngiorgiu unde s-a realizat o soluţie ingenioasă de execuţie pe uscat a uvrajelor hidrotehnice, precum şi exemplul centralelor Borzeşti şi Comăneşti, cu folosirea la maximum a posibilităţii oferite de teren, sub aspectul dispoziţiei instalaţiilor şi a circuitului de răcire.

În această perioadă, sfîrşitul anului 1949 şi începutul anului 1950, au fost studiate — în colaborare cu specialişti sovietici — amplasamentele centralelor Doiceşti, Ovidiu, Paroşeni, Vălişoara, Comăneşti, Sîngeorgiu, Filipeşti, Almaju, Jibou etc.

Colaborarea cu specialiştii sovietici a fost deosebit de importantă în ceea ce priveşte însuşirea unor cunoştinţe noi în legătură cu modul de culegere a datelor necesare elaborării proiectelor, a fixării amplasamentelor, urmărind în primul rînd principiul rentabilităţii.

După zece ani de activitate, cînd majoritatea centralelor au ajuns la puteri mari se poate trage concluzia că activitatea în perioada de început a fost rodnică şi fără greşeli.

Necesităţile de energie ale ţării, care trecea la un program de înfăptuiri industriale, cereau un ritm rapid pentru realizarea unora din centrale, astfel încît în paralel cu desfăşurarea lucrărilor pentru alegerea amplasamentelor s-a pus problema — deosebit de importantă — de a asigura începerea execuţiei a două mari centrale : Doiceşti şi Ovidiu.

Începutul acestei activităţi coincide cu trei fapte importante, şi anume :

1. Aprobarea de către conducerea partidului şi statului a planului de electrificare.

2. Încheierea acordului cu Uniunea Sovietică privind livrarea complexă de centrale termoelectrice, inclusiv documentaţia tehnică a acestora.

3. Întărirea organizatorică a Institutului, prin delimitarea sectoarelor de specialitate.

Primul fapt care a consfinţit în acelaşi timp şi primele merite ale activităţii Institutului (conferirea premiului de stat clasa I) a precizat calea pe care trebuia s-o urmeze proiectarea.

Al doilea fapt a lărgit considerabil contactul cu tehnica sovietică. Documentaţia tehnică sovietică a făcut cunoscut modul concret cum se proiectează o centrală termoelectrică, de la alegerea amplasamentului şi a echipamentului pînă la soluţionarea de detaliu. Contactul direct cu documentaţia tehnică sovietică s-a dezvoltat apoi în fiecare an, ajungînd la proiecte complete de execuţie, ceea ce a făcut posibilă cunoaşterea importanţei studierii fiecărei laturi a problemelor ce le ridică un obiectiv industrial-energetic.

Al treilea fapt a statornicit o închegare organizatorică absolut necesară, ţinînd seama de specificul muncii ce era de îndeplinit.

Primul plan cincinal, cum şi perioada următoare, a adus cu sine şi primele rezultate. Punerea în funcţiune a centralelor Doiceşti, Ovidiu, Comăneşti, Singiorgiu de Pădure, şi mai apoi Paroşeni şi Borzeşti a însemnat satisfacţia bine meritată a eforturilor depuse.

Centralele Comăneşti de 24 MW şi Ovidiu de 36 MW, cu parametrii aburului de 32 ata şi 400°C, la cazan, se plasează la nivelul celor mai multe dintre centralele existente în ţară în acea vreme.

Centrala Doiceşti, cu parametrii aburului de 64 ata şi 480°C, însemnează un progres atît ca parametri, cît şi prin aceea că este prima centrală care funcţionează cu lignit inferior. Realizările următoare, centralele Sîngiorgiu şi Paroşeni, avînd fiecare o putere de 150 MW, sînt superioare precedentelor atît prin puterea unitară a grupurilor, cît şi prin parametrii de 100 ata şi 500°C. Centrala Borzeşti, proiectată iniţial pentru 150 MW, deşi cu aceiaşi parametri, se ridică la nivelul superior al producerii combinate de energie termică şi electrică, realizînd importante economii de combustibil prin termoficare.

Puterea instalată în prezent în aceste centrale mari este egală cu puterea disponibilă a tuturor centralelor existente în R.P.R. la începerea planului de electrificare.

Trebuie subliniat că în ultimii ani Institutul a putut trece la soluţionarea directă pe cont propriu a unor probleme termoenergetice complexe, proiectînd lucrări importante la nivelul tehnicii mondiale.

În tot acest interval, în paralel cu proiectarea centralelor mari a fost continuată proiectarea extinderilor de instalaţii la centralele electrice existente şi proiectarea centralelor Diesel.

În total, s-au întocmit proiecte de extinderi pentru părţi de instalaţii sau pentru toate instalaţiile la 30 centrale electrice, totalizînd 60 de cazane de aburi şi 30 de turbine de aburi, cu o putere de cca 100 MW. De asemenea, au fost proiectate 35 de centrale electrice cu motoare Diesel, a căror putere a variat între 100 şi 20 000 CP, cu o putere totală instalată de 170 000 CP şi un număr de circa 100 unităţi, dintre care cea mai mare a fost de 3 500 CP. În cadrul proiectelor pentru aceste centrale, I.S.P.E. a întocmit şi proiectul pentru o centrală Diesel mobilă (pe vagon de cale ferată) şi a colaborat la proiectarea unor centrale Diesel plutitoare cu unităţi de 800 CP.

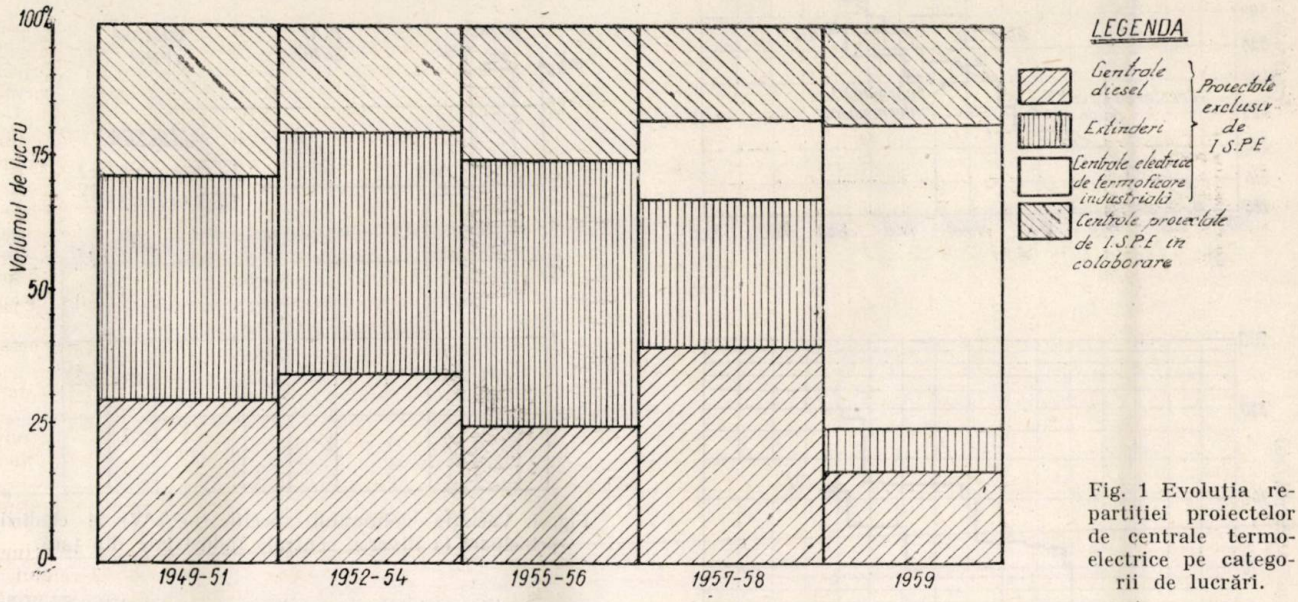


Fig. 1 Evoluţia repartiţiei proiectelor de centrale termoelectrice pe categorii de lucrări.

În fig. 1 este arătată activitatea de proiectare în domeniul centralelor termoelectrice, în procente faţă de volumul total al producţiei realizate. Se constată că cota-parte a lucrului efectuat pentru centralele electrice, în colaborare cu alte institute, are o uşoară scădere, proiectarea de centrale Diesel ca şi cea a extinderilor este în continuă scădere, în schimb unităţile de termoficare industrială de mărime mijlocie şi mică cresc mult, constituind în 1959 aproape 50% din totalul capacităţii de proiectare.

Bilanţul activităţii de proiectare a centralelor termoelectrice nu este însă rodnic numai sub aspectul rezultatelor cantitative arătate pînă acum, ci şi prin dobîndirea unor rezultate calitative ce se vor enunţa pe scurt în cele ce urmează.

În afară de aspectul economicităţii lucrărilor din punct de vedere al amplasamentului şi al efectului energetic maxim obţinut din combustibilul disponibil, cei 10 ani de activitate se remarcă prin preocuparea susţinută pentru reducerea continuă a investiţiilor şi introducerea soluţionărilor tehnice moderne. În acest scop, au fost studiate temeinic schemele tehnologice proiectate în scopul simplificării la maximum a legăturilor de conducte, prin renunţarea la barele duble de aburi şi apă de alimentare, sau adoptarea de scheme bloc, prin renunţarea la pompele de alimentare antrenate cu aburi la centralele interconectate, prin reducerea treptelor de pompare etc.

Un aspect important îl constituie concepţia modernă bazată pe consideraţii tehnico-economice în legătură cu instalaţiile de rezervă, în special cazanele de rezervă, care a permis extinderi de puteri fără alte cazane decît cele existente şi a asigurat o dimensionare economică a debitului de abur la toate centralele nou proiectate (instalarea unui grup de 50 MW la centrala Sîngiorgiu şi adaptarea exploatării în regim bloc-cazan-turbină, cu trei unităţi de cazane şi turbine, la Paroşeni).

Această concepţie de justă limitare a rezervelor denotă pe de o parte curaj şi maturitate tehnică, iar pe de altă parte rezolvarea problemelor în strînsă legătură cu practica şi cu situaţia nouă creată, prin creşterea şi întărirea sistemelor energetice.

Studiul aprofundat al condiţiilor de funcţionare a echipamentelor a permis realizarea de economii importante atît prin adoptarea de dispoziţii din ce în ce mai raţionale, cît şi prin adoptarea de soluţii moderne, îndrăzneţe, din punct de vedere al funcţionării echipamentelor sau al realizării construcţiilor.

Astfel, a fost promovată ideia folosirii unor instalaţii cu putere mare şi parametrii cît mai ridicaţi, mai ales la unităţile de termoficare.

Încă în anul 1956, ISPE s-a orientat către folosirea unor unităţi de termoficare de 50 MW, cu parametrii 140 ata 560/560°C. şi a adoptat de la această dată, pentru toate agregatele mari, trepte de parametrii 140 ata 570°C, utilaj care reprezintă cel mai avansat pas al tehnicii de construcţie din U.R.S.S. şi totodată tendinţa de orientare în tehnica mondială.

În fig. 2 este arătată evoluţia pe plan mondial a parametrilor cei mai ridicaţi de abur şi parametrii propuşi în Institut pentru centralele electrice în curs de proiectare la noi.

Un alt domeniu în care problemele de concepţie au avut o contribuţie în realizarea de economii este acela al reducerii volumului clădit şi al simplificării construcţiilor centralelor. Poziţia critică a Institutului a avut ca rezultat reducerea volumului construit al sălii cazanelor de la extinderea centralei Borzeşti cu circa 30 000 m³. Această reducere s-a obţinut prin reproiectarea şi modernizarea cazanului, rezemarea acoperişului clădirii pe cazan şi montarea părţii din spate a acestuia şi a ventilatoarelor în aer liber.

Comparînd indicii de volum realizaţi la aceste centrale, se constată din fig. 3 că ele se încadrează în limita valorilor bune ale lucrărilor moderne realizate în străinătate.

Din acest punct de vedere, progrese mari au fost realizate la centralele industriale de termoficare proiectate complet în Institut.

Pentru prima oară în ţara noastră se proiectează o centrală cu turbinele în aer liber.

În figurile 4 şi 5 este arătată schematic evoluţia concepţiei generale asupra clădirilor principale ale centralelor electrice de putere mijlocie şi mică, în tendinţa de a reduce volumul clădit.

La partea electrică a centralelor termoelectrice, s-au adoptat, pe baza studiilor tehnico-economice, a datelor statistice de avarie şi a experienţei de proiectare, scheme de principiu simplificate faţă de soluţiile clasice şi uzuale, şi anume: la

6 kV scheme cu simplu sistem de bare, bobine jumelate pe transformatoare, bobine de reactanță pe grupe de feederi, la 110 kV scheme H, la curent continuu scheme fără comutator, la protecția maximală temporizată a feederilor de 6 kV releu de tip unic.

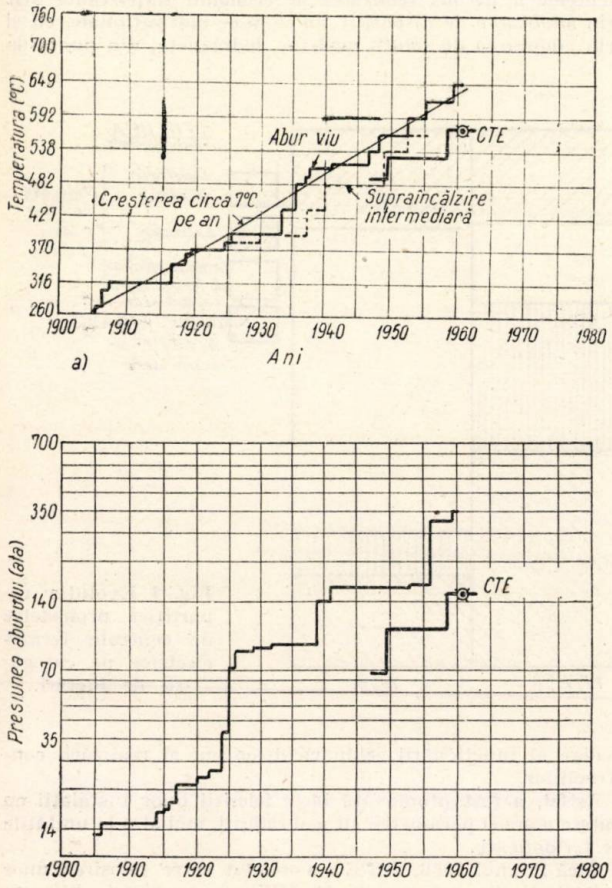


Fig. 2. Evoluția parametrilor de abur.

a) – temperatura maximă de abur; *b)* – presiunea maximă de abur.

În proiectarea circuitelor secundare s-au adoptat soluții simplificatoare, ca descentralizarea protecției, descentralizarea comenzii și măsurii, utilizarea aparatelor tip miniatură.

În dispoziția instalațiilor electrice s-au obținut reduceri importante de suprafețe și volum, prin reducerea distanțelor de izolație și de deservire, în stațiile interioare cameră de comandă numai cu pupitre, camere de comandă cu podul cablurilor deasupra etc.

O evoluție ascendentă a marcat proiectarea de specialitate, și anume cea de tratare chimică a apei, de automatizare a

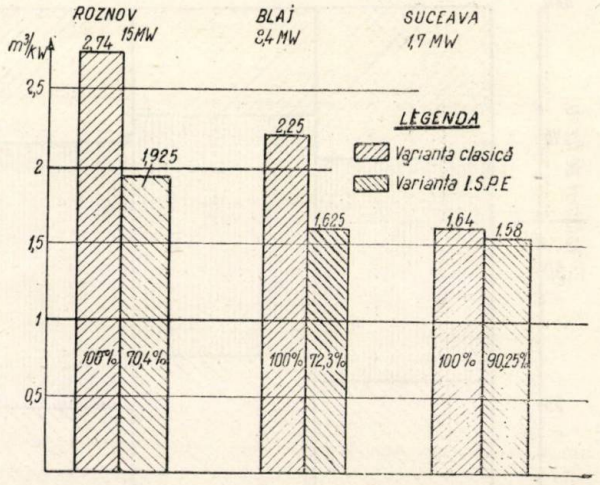


Fig. 4. Variația volumului specific (m³/kW) al clădirii principale la diverse centrale industriale din țară.

proceselor din centrală, de rezolvare a construcțiilor propriuzise și a uvrajelor hidrotehnice.

Pentru prima dată, în 1952, s-a întocmit un proiect de completare a instalațiilor de tratare chimică a apei la centrala Doicești cu o stație de precoagulare. După ce s-au întocmit proiecte pentru completări, refaceri sau îmbunătățiri ale unor instalații de tratare existente în Institut, a început elaborarea completă a proiectelor complexe pentru instalații noi. Debitele instalațiilor au crescut continuu, iar cerințele de calitate au devenit din ce în ce mai severe, pe măsură ce presiunea cazanelor crește.

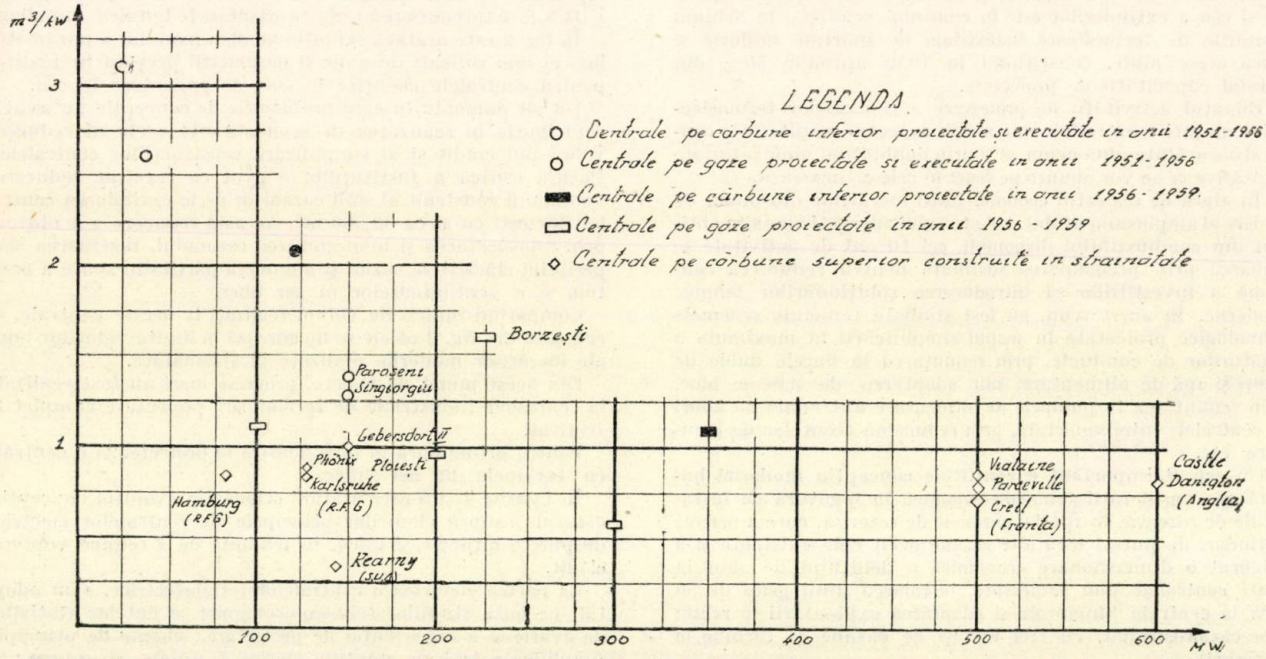


Fig. 3. Variația volumului specific (m³/kW) al clădirii principale la diverse centrale mari din țară și străinătate.

Dacă la început instalaţiile proiectate se bazau pe procedee chimice (precipitare), în momentul de faţă se bazează aproape exclusiv pe procedee fizico-chimice (schimbătoare de ioni).

Eforturi asemănătoare s-au făcut şi în problema instalaţiilor de control termic şi automatizare. Începuturile s-au făcut prin elaborarea unor proiecte de automatizare parţială la centralele Grozăveşti, Cîmpina şi altele. Actualmente, Institutul poate executa proiecte complete pentru instalaţii cu camere de control termic şi comandă la distanţă, la nivelul tehnicii moderne. Deşi din cauză că industria din ţară nu fabrică echipamente bazate pe principiile cele mai moderne de automatizare, Institutul se limitează deocamdată la aplicarea sistemului de reglare electromagnetic, există totuşi o preocupare intensă pentru posibilităţile de a trece la proiecte cu aparate electronice.

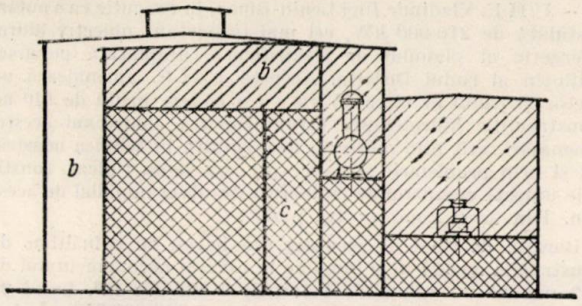


Fig. 5. Evoluţia reducerii volumului clădit la centralele de termoficare industrială proiectate de I.S.P.E.

a) – centrală închisă – soluţia din S.P. CET Roznov 1957 ; *b)* – centrală semiînchisă – soluţia din P.E. CET Roznov febr. 1959 · *c)* – centrală cu turbine în aer liber – soluţia din S.P. CET Blaj oct. 1959.

Proiectarea construcţiilor propriu-zise a constituit de la început efortul integral şi original al Institutului. În prima perioadă proiectarea construcţiilor de centrale termoelectrice s-a orientat spre structuri de rezistenţă complexe, aşa cum a fost cazul centralei Doiceşti, avînd ca schelet de rezistenţă cadre de beton armat multiple. Determinarea eforturilor şi dimensionarea unei asemenea structuri au cerut un calcul foarte laborios şi relativ îndelungat. În cadrul unor construcţii cu solicitări multiple şi complicate au fost abordate şi puse în practică metode care ţineau seama de conlucrarea spaţială a elementelor componente. Aşa de pildă, s-a aplicat o metodă originală pentru calculul la încovoiere a riglelor cadrelor, ţinînd seama de efectul de torsiune al acestora. Contactul cu proiectele sovietice a determinat părăsirea schemei complexe a unor cadre multiple şi adoptarea schemei simple a unor stîlpi exteriori liberi şi a unor cadre cu o singură deschidere — sălile intermediare de deschidere mare rezultînd prin acoperirea cu şarpante prefabricate de regulă metalice. După cunoaşterea proiectelor sovietice, a început să fie părăsită metoda de calcul a rezistenţelor admisibile la secţiunile de beton armat şi s-a introdus metoda modernă de calcul la stadiul de rupere, cu mult înainte de oficializarea acesteia prin standardul de stat. Cu timpul, s-au studiat construcţii simplificatoare pentru sala cazanelor într-un sistem semidescoperit, iar în ultima perioadă, chiar a instalaţiilor de turbine în aer liber.

O serie de construcţii cu caracter special au demonstrat îndrăzneala şi capacitatea de cuprindere a problemelor dificile. Au fost realizate coşuri de fum de foarte mare înălţime (80—120 m) din elemente prefabricate, rezervoare din beton armat de mare capacitate pentru combustibil încălzit, fundaţii de maşini de mare putere, turnuri de răcire din beton armat de mare capacitate, estacade din beton armat prefabricat şi precomprimat şi altele. Toată experienţa acumulată permite ca în momentul de faţă să se poată realiza în Institut orice construcţie energetică, oricît de complexă şi complicată ar fi.

Lucrările hidrotehnice menite să rezolve problema complexă şi specifică de alimentare cu apă industrială a centralelor au format un domeniu vast de preocupare şi activitate.

Strîns legate cu tehnologia centralei-construcţiile hidrotehnice au fost rezolvate potrivit condiţiilor specifice ale fiecărei centrale, fiind tratate nu ca un uvraj hidraulic propriu-zis, ci integrîndu-se în sistemul de reguli tehnologice ale funcţionării centralei.

Evoluţia activităţii de proiectare a centralelor termoelectrice constituie fără îndoială un bilanţ pozitiv.

În experienţa acumulată există nenumărate posibilităţi de îmbunătăţire a rezultatelor obţinute, astfel ca Institutul să-şi creeze şi consolideze în continuare un prestigiu binemeritat.

INGINERI ŞI TEHNICIENI

ABONAŢI-VĂ din timp pe anul 1960 la revistele tehnice de specialitate, elaborate de Asociaţia Ştiinţifică a Inginerilor şi Tehnicienilor, care aduc la cunoştinţă cadrelor tehnice din producţie, învăţămînt, cercetare şi proiectare, ultimile realizări obţinute în ştiinţele tehnice din ţară şi străinătate.

Apar:

AUTOMATICA ŞI ELECTRONICA
CELULOZĂ ŞI HÎRTIE
ELECTROTEHNICA
ENERGETICA
HIDROTEHNICA
INDUSTRIA LEMNULUI
INDUSTRIA TEXTILĂ
INDUSTRIA UŞOARĂ
METALURGIA ŞI CONSTRUCŢIA DE MAŞINI
PETROL ŞI GAZE
REVISTA CONSTRUCŢIILOR ŞI A MATERIALELOR DE CONSTRUCŢII
REVISTA DE CHIMIE
REVISTA INDUSTRIA ALIMENTARĂ – PRODUSE ANIMALE
REVISTA INDUSTRIA ALIMENTARĂ – PRODUSE VEGETALE
REVISTA MINELOR
REVISTA PĂDURILOR
REVISTA TRANSPORTURILOR
TELECOMUNICAŢII

Un abonament anual pentru ingineri şi tehnicieni lei 30, pentru biblioteci, instituţii, combinate tehnice etc. lei 100, prin cont virament nr. 070124 B.R.P.R.-Filiala I.V. Stalin.

Abonamentele se primesc la sediul Consiliului Central A.S.I.T.

Bucureşti — Calea Victoriei Nr. 118 — Raionul I. V. Stalin — Telefon 14-06-24.

Activitatea de proiectare în domeniul uzinelor hidroelectrice în perioada 1949–1959

Ing. ALEXANDRU NOURESCU

Perspectivele de valorificare sistematică a potențialului hidroenergetic în țara noastră au fost deschise o dată cu instaurarea regimului de democrație populară și elaborarea planului de electrificare, lansat în anul 1950 din inițiativa Partidului Muncitoresc Romîn.

Puterea totală instalată în uzini hidroelectrice înainte de 1944 era de numai 60 000 kW, fărămițată în peste 100 de uzini mici, ceea ce reprezintă o amenajare a circa 1% din potențialul tehnic amenajabil de pe teritoriul țării.

Concomitent cu valorificarea energetică a resurselor hidraulice se pot rezolva și alte probleme hidraulice, cum sunt :

— alimentările cu apă ale industriilor, orașelor și satelor :

— dezvoltarea irigațiilor, atît prin folosirea apei derivată

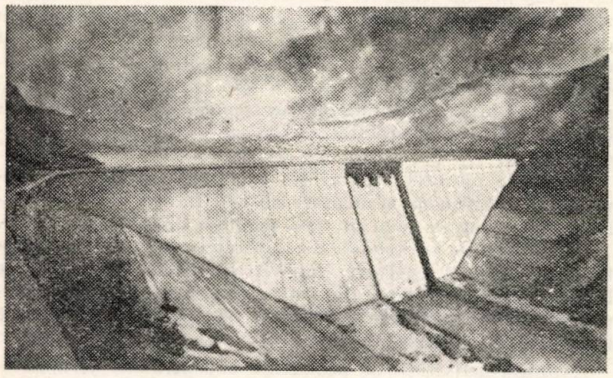


Fig. 1. Macheta barajului de la Izvorul Muntelui

gravitațional cît și a debitelor pompate care să pună în valorificare intensă solul deosebit de roditor de pe cele peste 5 000 000 ha tehnic amenajabile și interesate la irigare ;

— extinderea navigației fluviale actuale care va lega Dunărea cu o parte din rîurile ce urmează a se amenaja ca : Siretul, Prutul, Ialomița, Argeșul, Oltul, Jiul, Mureșul, Timișul și canalele noi ce vor face legătura între diferite rîuri ;

— sistematizarea pisciculturii pe Dunăre, pe rîurile interioare, precum și pe lacurile actuale ;

— reducerea acțiunii distrugătoare revărsării apelor și înmlăștinirea terenurilor agricole.

Primii pași în amenajarea integrală și organizată a cursurilor de apă au fost precedați de începutul amenajărilor hidroenergetice prevăzute în planul de electrificare al R.P.R. Pentru studierea și proiectarea uzinelor hidroelectrice a fost necesar și s-a organizat în anul 1949 o unitate de specialitate în cadrul Institutului de Studii și Proiectări Energetice — Sectorul Hidroproiect — care a fost formată din personal de specialitate provenit de la Direcția Centralei Industriale a Energiei Electrice, Direcția Electrificării din CFR (colectivul prof. ing. D. Leonida), la care s-au alăturat angajații de an cu an ai formațiilor de ingineri de diferite specialități începînd cu seria anilor 1948—1949.

Proiectele care au fost lansate de la început în elaborare au fost, în parte o continuare a celor deja începute de diferite instituții, la care s-au adăugat importantele obiective prevăzute atît în planul de electrificare cît și cele în pregătire.

Dintre uzinele hidroelectrice proiectate care s-au realizat total sau parțial sînt :

— U.H.E. Moroeni în funcțiune pe rîul Ialomița, cu o putere instalată de 15 000 kW, care formează treapta imediat aval de UHE Dobrești.

— U.H.E. Sadu V, în funcțiune pe rîul Sadu, cu o putere instalată de 15 400 kW, care amenajează un sector de 11 km cu o cădere totală de 407 m.

— U.H.E. Vladimir Ilici Lenin-Bicaz, în execuție cu o putere instalată de 210 000 kW, cel mai important obiectiv hidroenergetic al planului de electrificare, amplasată pe cursul mijlociu al rîului Bistrița. Această U.H.E. amenajează un sector al rîului de circa 45 km cu o cădere brută de 140 m. Construcțiile hidrotehnice care formează complexul acestei amenajări, atît prin mărimea neobișnuită în tehnica noastră, cît și prin problemele specifice pe care le-au ridicat, constituie unicate comparabile cu lucrări de nivel mondial de acest gen. Din acest complex fac parte :

Barajul de tipul de greutate din beton cu o înălțime de construcție de 127 m și lungime la nivelul coronamentului de 442 m, are un volum de beton de 1 625 000 m^3. Lacul pe care-l creează barajul are un volum de 1 230 000 000 m^3 și o lungime de 35 km.

— Tunelul de aducțiune în lungime de 4 780 m cu un diametru liber de 7 m și în excavație de circa 11 m.

— Castelul de echilibru cu un diametru al camerei inferioare de 23 m și 30 m al camerei superioare, are o înălțime de 70 m.

— Conductele forțate, centrala propriu-zisă și canalul de fugă care restituie apele uzinate din nou în rîul Bistrița.

Pentru realizarea acestei lucrări, care este în mare parte executată, sînt necesare de executat peste 4 000 000 m^3 excavații, peste 2 300 000 m^3 beton și montajul a circa 16 000 tone echipament.

Paralel cu proiectarea amenajărilor hidroelectrice pe rîurile interioare, se elaborează studiile tehnico-economice în colaborare cu țările riverane pentru amenajarea Dunării pe întreaga lungime de la Baziaș la Sulina.

În cei 10 ani de activitate care s-au împlinit de la înființarea Institutului de studii și proiectări energetice, s-au întocmit proiectele pentru 16 uzini hidroelectrice de puteri și tipuri variate cu o putere totală de peste 750 000 kW (exclusiv amenajările de pe Dunăre), precum și construcțiile hidrotehnice necesare alimentărilor cu apă pentru centralele termoelectrice Paroșeni și Borzești.

Paralel cu elaborarea proiectelor a fost asigurată asistența tehnică pe șantiere și urmărirea aplicării soluțiilor din proiecte.

Această activitate a impus un efort deosebit din partea proiectanților, în mare majoritate tineri, care au trebuit să-și însușească cunoștințele necesare pentru a face față unui volum crescînd de lucrări în domenii noi ale tehnicii pentru țara noastră.

Ajutorul prețios dat de specialiștii sovietici în cursul anilor 1950—1953, precum și literatura sovietică de specialitate au fost un factor hotărîtor în această perioadă pentru formarea cadrelor de proiectanți.

Elaborarea unor părți de proiecte la institutele de specialitate din U.R.S.S. și din Republica Cehoslovacă, precum și efectuarea studiilor de laborator pe modele hidraulice reprezintă o contribuție importantă atît la elaborarea proiectelor cît și la documentarea specialiștilor noștri.

La proiectele întocmite, precum și la acelea în elaborare s-au întîlnit probleme dificile ce au necesitat lucrări de studii speciale, introducerea unor metode noi de calcul, alcătuiri constructive originale și adoptarea unor noi și variate procese tehnologice.

Dintre acestea menționăm :

— pentru baraje de reținere, s-au utilizat metode cu caracter original, elaborate de specialiștii institutului, pentru determinarea eforturilor în corpul barajelor arcuite, care s-au aplicat la barajul Negovanul de la U.H.E. Sadu V cu o înălțime de 62 m, și altele ;

— pentru proiectarea betoanelor din baraje și construcții masive hidrotehnice, o atenție deosebită s-a dat alegerii materialelor componente pe bază de studii de laborator îndelungate, care au permis folosirea de cimenturi speciale, cu căl-

dură redusă de hidratare, precum și a unor dozaje minime de ciment.

— pentru barajele de derivație și prizele de apă cu nivel liber de la captările uzinelor hidroelectrice sau alimentările cu apă a centralelor termoelectrice și complexelor industriale, s-a renunțat la proiectarea empirică din trecut, folosindu-se calcule și încercări pe modele hidraulice. Astfel, radierele barajelor se proiectează ținînd seama de rezemarea elastică pe

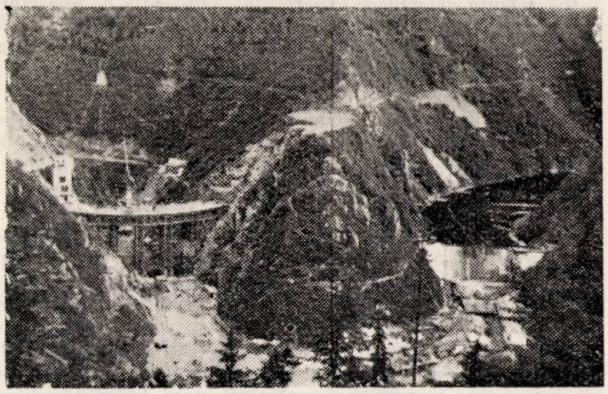


Fig. 2. Barajul de la Sadu, iunie 1959.

teren și de conlucrarea cu pilele, dispozițiile de admisie, de spălare și de reglare a nivelului apei se justifică prin încercări pe modele. La proiectarea disipatoarelor se aplică metoda coeficienților de asigurare elaborată pe baza teoriei probabilităților a acad. Velicanov etc.;

— în domeniul galeriilor de aducțiune, se aplică în mod curent formulele deduse de Galerkin și Feodorov, care țin seama de conlucrarea elastică între rocă și căptușeală. Proiectanții Sectorului Hidroproiect au extins aceste formule și pentru alte cazuri și au elaborat abace de dimensionare pentru aproape toate situațiile ce pot apărea în practică. De asemenea, prin studii aprofundate și încercări în galerii de probă au fost precizate condițiile de calcul ale cămășuelii tunelului de la Bicaz, care față de prevederile inițiale au dus la o economie importantă de materiale deficitare și valoare de investiție redusă;

— în domeniul construcțiilor din ansamblul nodurilor de presiune (castel de echilibru, conducte forțate, centrale, canale de fugă), proiectanții stăpînesc metodele de calcul și sînt în măsură de a proiecta cu pricepere și siguranță cele mai complicate instalații de acest gen. Menționăm realizarea constructivă originală a părții aeriene a castelului de echilibru de la U.H.E. Sadu V, de forma unui trunchi de con răsturnat cu înălțimea de 26 m și diametrul la partea superioară de 10 m;

— în domeniul organizării execuției lucrărilor, elaborarea unei metode cu totul originală pentru executarea cămășuelii exterioare a castelului de echilibru de la U.H.E. V. I. Lenin Bicaz, cu o înălțime de 70 m și diametrul excavat de 33 m. Metoda a constat în executarea cămășuelii exterioare din segmente excavate și betonate în etape sub formă de puțuri, astfel încît stabilitatea versantului să fie asigurată, iar excavarea miezului central să se facă la adăpostul acestei centuri de beton;

— metoda de exploatare a agregatelor pentru betonul din corpul barajului de la U.H.E. V. I. Lenin prin sistemul hidromecanizat, care asigură concomitent și spălarea materialului, constituie de asemenea o metodă nouă aplicată la noi în țară, după cum și utilizarea sistemului de sortare hidraulică a agregatelor.

Proiectele întocmite și realizările de pînă în prezent au permis ca într-un timp relativ scurt proiectanții să-și lărgească orizontul lor tehnic și să-și adîncească cunoștințele în domenii foarte diferite ale științei și tehnicii, paralel cu creșterea simțului de răspundere.

O dată cu adoptarea de soluții și metode noi, un succes important s-a obținut în reducerea prețului de cost al amenajărilor proiectate, preocupare permanentă la elaborarea proiectelor. Rezultatele obținute în ultimul timp prin aplicarea de soluții tehnice noi, schimbarea metodelor de execuție, renunțarea la anumite obiecte reprezintă o reducere de circa 20% la U.H.E. V. I. Lenin-Bicaz, față de devizul general inițial, la barajul U.H.E. Sadu V de 17% și la uzinele hidroelectrice Roznov I și II de 10%.

Pentru uzinele hidroelectrice în curs de proiectare, indicii specifici de cost s-au redus cu 40 pînă la 50% față de cei ai uzinelor proiectate în prima etapă a planului de electrificare. Factorii determinanți care au dus la obținerea unor indici de cost reduși sînt:

— alegerea schemelor de amenajare care permit concentrarea de debite, mărirea căderilor, în scopul obținerii unor centrale de putere cît mai mare;

— adoptarea grupurilor de pompaj;

— reducerea la minim tehnic a unităților din centrale;

— introducerea tehnicii noi în proiectarea obiectelor și a metodelor de execuție cu randament sporit;

— dezvoltarea nivelului tehnic al organizațiilor de construcții-montaj și

— reducerea la minim a duratei execuției lucrărilor.

Asigurarea pînă în prezent a proiectării construcțiilor și instalațiilor marii uzine hidroelectrice V. I. Lenin-Bicaz, a uzinelor Moroeni, Sadu V, etc. precum și întocmirea unui volum mare de studii și proiecte pentru uzini de tipuri variate, inclusiv amenajările de pe Dunăre, care urmează a fi realizate în etapele următoare, ne fac să privim cu încredere posibilitățile de a proiecta la nivelul tehnicii mondiale, cu investiții specifice cît mai reduse, viitoarele uzine hidroelectrice care se vor construi în patria noastră.

Evoluţia concepţiei de proiectare a liniilor de 35 kV şi 110 kV

Ing. PAUL MILITARU şi ing. CONSTANTIN PETRESCU

Instalaţiile de producere, transport şi distribuţie a energiei electrice moştenite de la regimurile burghezo-moşiereşti erau necorespunzătoare atît din punct de vedere al capacităţii, cît şi din punct de vedere tehnico-economic.

Pînă în anul 1950 reţelele electrice de înaltă tensiune erau puţin dezvoltate şi într-o stare proastă de întreţinere şi exploatare. În anul 1950 exista o singură linie de 110 kV în lungime de 127 km, circa 460 km de linii de 60 kV şi circa 3 175 km de linii de 6 ÷ 30 kV, răspîndite numai în regiunile

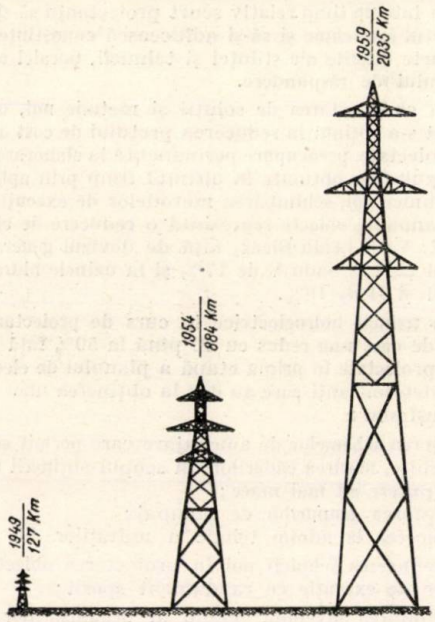


Fig. 1. Creşterea lungimii liniilor de 110 kV în perioada 1949 ÷ 1959 executate de pe proiecte I.S.P.E.

petrolifere din Muntenia, centrul Ardealului şi în jurul oraşelor Bucureşti, Arad, Timişoara şi Reşiţa.

Începînd cu primul an al planului de electrificare, s-a trecut la executarea unor lucrări importante de linii de înaltă tensiune. La începutul anului 1959, erau în exploatare 2 035 km de linii de 110 kV (neţinîndu-se seama de liniile de 60 kV trecute la 110 kV) şi circa 3 840 km de linii de 60 kV şi 35 kV.

Pentru marea majoritate a acestor lucrări, proiectele au fost întocmite de Institutul de studii şi proiectări energetice.

În ţara noastră, experienţa în domeniul proiectării liniilor de transport de energie electrică datează din perioada de înfăptuire a celui dintîi plan de electrificare al R.P.R. Spre deosebire de alte lucrări, pentru linii, proiectarea şi execuţia au fost rezolvate de la început şi în întregime în ţară. Lipsa experienţei şi în special a unor prescripţii care să precizeze baza de proiectare (condiţii meteorologice şi ipoteze de calcul) a provocat dificultăţi importante la întocmirea primelor proiecte.

În primii ani de activitate, proiectanţii de linii au fost obligaţi ca, paralel cu întocmirea proiectelor lucrărilor ce urmau să intre imediat în execuţie, să elaboreze prescripţii care să stea la baza acestor proiecte. Primele prescripţii complete oficiale care au oglindit condiţiile meteorologice din ţara noastră au apărut în anul 1952. Ca urmare a experienţei căpătate în decurs de 6 ani, în 1958 s-au elaborat noi prescripţii de linii care aduc o serie de îmbunătăţiri ale prescripţiilor anterioare, în sensul reducerii costului acestor lucrări.

La dimensionarea primelor linii, datorită lipsei de experienţă s-au adoptat soluţii acoperitoare. S-a urmărit în primul rînd asigurarea condiţiilor unei bune funcţionări, urmînd ca ulterior să se amelioreze şi celelalte elemente, ca costul, consumul de materiale, durata de execuţie etc.

Pe măsura acumulării experienţei, concepţia de proiectare s-a îmbunătăţit şi aproape fiecare proiect a marcat un nou pas înainte. În acest scop, paralel cu proiectarea propriu-zisă, s-au întocmit lucrări extinse de documentare din literatura tehnică mondială.

Deoarece secţiunile conductoarelor şi tipul izolatoarelor liniilor sînt determinate pe considerente de transport de energie electrică, singurele capitole importante asupra cărora proiectantul poate acţiona sînt stîlpii şi fundaţiile.

În ţara noastră, pînă în anul 1952, materialele folosite la construcţia stîlpilor liniilor electrice aeriene au fost lemnul şi metalul (6, 15 şi 35 kV pe stîlpi de lemn, 110 kV pe stîlpi de metal).

Ca urmare a preocupării de a ridica calitatea stîlpilor folosiţi la linii electrice aeriene şi de a respecta totodată dispoziţiile legale cu privire la evitarea folosirii materialelor deficitare, s-au introdus stîlpii de beton armat. În scopul obţinerii unei forme economice şi realizării unui beton de calitate superioară, s-au ales ca cel mai indicat tip de stîlp stîlpii din beton armat centrifugat, a căror durată este practic nelimitată. Introducerea stîlpilor din beton armat s-a făcut treptat, astfel : în 1952 la liniile de 6, 15 kV, în 1953 la liniile de 35 kV, în 1955 la liniile de 110 kV cu simplu circuit şi în 1959 la liniile de 110 kV cu dublu circuit. În prezent, în R.P.R. se folosesc la linii de înaltă tensiune exclusiv stîlpii din beton armat, cu excepţia stîlpilor liniilor în teren foarte accidentat şi a stîlpilor speciali la liniile de 110 kV.

Stîlpii din metal şi de beton pentru linii de 35 kV şi 110 kV au pus la început în faţa proiectanţilor o serie de probleme care trebuiau să fie rezolvate. Odată adoptate primele soluţii, ele au fost modificate în timp, aducîndu-li-se îmbunătăţiri printr-o aşezare judicioasă a materialului în scopul realizării de economii, obţinerii unui coeficient de siguranţă superior şi pentru a se simplifica detaliile constructive.

La liniile de 110 kV simplu circuit, stîlpii din metal au fost folosiţi la primele două lucrări. Tipurile de stîlpi folosiţi erau clasice, şi anume executate din cîte 4 montanţi solidarizaţi prin zăbrele în formă de diagonale simple sau duble ; s-a adoptat aşezarea conductoarelor în triunghi. Apariţia stîlpilor din beton armat centrifugat în 1955 a limitat folosirea stîlpilor de metal la liniile de 110 kV simplu circuit, motiv pentru care tipul iniţial adoptat nu a mai suferit importante modificări în timp.

Primul stîlp din beton armat centrifugat pentru linii de 110 kV a fost de tipul portal, format din două tronsoane de cîte 19 m lungime şi o traversă cilindrică tot din beton armat centrifugat (fig. 2). Acest tip de stîlp a fost folosit în perioada 1955—1957, fiind continuu îmbunătăţit în scopul de a i se reduce consumul de oţel beton şi greutatea. În anul 1957 se marchează un salt calitativ, înlocuindu-se tipul portal cu nou tip pe un singur picior, cu aşezarea conductoarelor în triunghi, realizat prin îmbinarea în sistem telescop a două tronsoane de diametre diferite. Acest stîlp este folosit în prezent la toate liniile de 110 kV cu simplu circuit. Se menţionează că, pentru liniile executate pe stîlpi portali din beton armat, stîlpii speciali (colţ, întindere, terminali) au fost realizaţi tot din beton. Fiecare picior al portalului era format din cîte 2 stîlpi asamblaţi prin bride ; greutatea unui asemenea stîlp era de circa 16 tone. Pentru liniile pe stîlpi din beton armat centrifugat pe un singur picior, stîlpii speciali sînt realizaţi din bare de oţel laminat, cu coronament identic cu cel al stîlpilor de beton.

Pentru liniile de 110 kV dublu circuit, pînă în anul 1959, stîlpii au fost realizaţi din profile de oţel laminat. Forma constructivă a acestor stîlpi cît şi aşezarea conductoarelor au fost modificate în timp, urmărindu-se în permanenţă o mai judicioasă aşezare a materialului în vederea măririi capacităţii lui de încărcare, o execuţie mai simplă şi o exploatare cît mai

ușoară (fig. 3). Astfel, deși pe bază de studii tehnico-economice s-a dovedit că stîlpul cu așezarea conductoarelor în formă de hexagon este cel mai indicat, totuși pentru a ușura execuția și pentru a permite o verificare a izolației în timpul exploatării s-a experimentat în perioada 1954÷1957 un tip de stîlp cu așezarea conductoarelor în formă de brad răsturnat. Avantajele mici aduse la execuție în comparație cu sporul de investiții necesar, în special datorită celui de-al doilea conductor de protecție impus de noua așezare a conductoarelor, au determinat revenirea la așezarea conductoarelor în formă de hexagon.

special introdus în 1958, fiecare tronson în parte este dintr-o singură bucată și numărul bridelor este redus la două.

Proiectarea fundațiilor pentru stîlpii liniilor electrice aeriene a constituit o problemă nouă pentru inginerii constructori. Necunoscîndu-se comportarea acestor genuri de fundații la sarcinile complexe la care sînt supuse și datorită terenurilor foarte variate în care sînt executate, la proiectarea primelor fundații s-au adoptat soluții mai complicate și evident mai scumpe.

Pentru stîlpii metalici ai liniilor de 110 kV cu dublu circuit, s-au adoptat de la început fundații separate pe fiecare

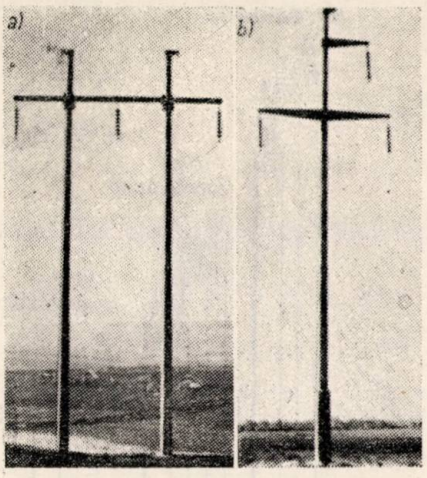


Fig. 2. Stîlpi pentru linii electrice aeriene de 110 kV simplu circuit:
a – tip de stîlp folosit în perioada 1955÷1957;
b – tip de stîlp folosit în perioada 1958÷1959.

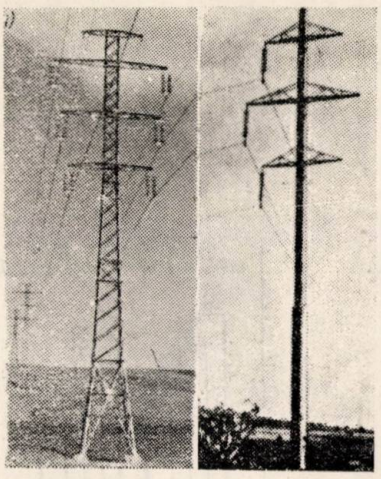


Fig. 3. Stîlpi pentru linii electrice aeriene de 110 kV dublu circuit:
a – tip de stîlp folosit în perioada 1953÷1957;
b – tip de stîlp folosit în perioada 1958÷1959.

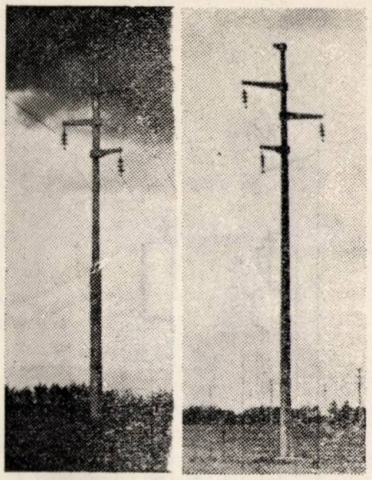


Fig. 4. Stîlpi pentru linii electrice aeriene de 35 kV:
a – tip de stîlp folosit în perioada 1954÷1957;
b – tip de stîlp folosit în perioada 1958÷1959.

Pentru ultimul tronson al stîlpilor liniilor de 110 kV cu dublu circuit, de la primele linii s-a adoptat tipul de stîlp cu bază largă (picioare separate).

Trebuie menționat că concepția de proiectare a evoluat nu numai în ceea ce privește tipul de stîlp, ci chiar în realizarea detaliilor constructive. La primii stîlpi metalici asamblarea barelor a fost făcută prin nituire; acest sistem de îmbinare oferea o execuție mai simplă și ușor de controlat din punct de vedere al calității. Îmbinările prin nituire îngreunau însă construcția, cerînd profile mai mari, care să permită baterea nitului, sau aplicarea de gusee. În anul 1952, prin trecerea la stîlpi asamblați prin sudură s-a făcut un salt calitativ important, îmbinările s-au simplificat, aducînd reduceri apreciabile de material.

Folosindu-se experiențele și încercările făcute pe stîlpul din beton centrifugat pe un singur picior pentru linii de 110 kV simplu circuit, s-a reușit în 1959 să se realizeze primul stîlp din beton armat centrifugat pentru linii de 110 kV dublu circuit. Acest stîlp este realizat din 2 tronsoane de diametre diferite, îmbinate prin telescopare; pentru ușurarea execuției consolele s-au realizat din oțel. Stîlpi speciali ai liniilor la care s-au folosit aceste tipuri de stîlpi de susținere sînt realizați din profile de oțel laminat.

Pentru liniile de 35 kV, stîlpii din beton centrifugat au fost introduși chiar din anul 1953. Tipul de stîlp introdus a fost bine studiat, păstrîndu-se în linii generale pînă în prezent (fig. 4).

În decursul a 5 ani acest tip de stîlp a fost îmbunătățit din punct de vedere constructiv în scopul realizării unui consum de materiale cît mai redus. Astfel primele tipuri au fost executate din cîte două tronsoane îmbinate prin telescopare; tipul introdus în 1958 are o formă tronconică, cu aceeași conicitate pe toată lungimea. Stîlpii speciali pentru liniile de 35 kV sînt realizați tot din beton armat centrifugat; fiecare stîlp este format din cîte două tronsoane jumelate solidarizate prin bride. La ultimul tip de stîlp picior, soluție impusă și de tipul de stîlp (cu bază largă). La prima linie proiectată în anii 1949÷1950 s-au folosit fundații înclinate pe direcția montanților ultimului tronson al stîlpului, evitîndu-se astfel momentele suplimentare. Picioarele de fundații au fost solidarizate cu diagonale din grinzi din beton armat. Ancorarea stîlpului de fundație a fost rea-

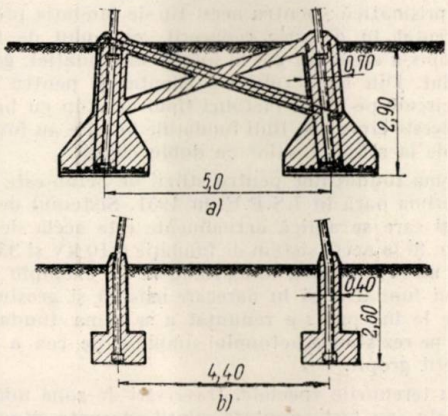


Fig. 5. Tipuri de fundații pentru stîlpii de susținere ai liniilor electrice aeriene de 110 kV cu dublu circuit:
a – tip de fundație folosit în anul 1950; *b* – tip de fundație folosit în anul 1958.

lizată prin prelungirea montanților stîlpului în beton. La a doua linie de 110 kV cu dublu circuit proiectată de I.S.P.E. s-a păstrat tipul de fundație folosit la prima linie, renunțîndu-se însă la solidarizarea picioarelor între ele.

Deoarece acest tip de fundaţie prezintă greutăţi de execuţie din cauza cofrajelor înclinate, în 1952 s-a renunţat la fundaţii înclinate, introducîndu-e fundaţiile separate, verticale.

Fundaţiile verticale s-au comportat bine în exploatare, motiv pentru care s-au generalizat la toate liniile executate după 1953. Paralel cu simplificarea tipului de fundaţie, s-au realizat reduceri importante de beton şi de oţel beton pentru armare (fig. 5).

Liniile de 110 kV cu simplu circuit pe stîlpii metalici au fost realizate la început pe tipuri de stîlpi cu bază îngustă.

b) volumul betonului pentru fundaţia stîlpului normal de susţinere a scăzut de la 9,0 m³/buc în 1950 la 6,0 m³/buc în 1958;

c) cantitatea de metal din fundaţia stîlpului normal de susţinere a scăzut de la 0,30 t/buc în 1950 la 0,18 t/buc în 1958.

Linii de 110 kV *simplu circuit pe stîlpi de beton*

a) consumul de beton pentru stîlpi a scăzut de la 24,5 m³/km în 1955 la 10,0 m³/km în 1958÷59;

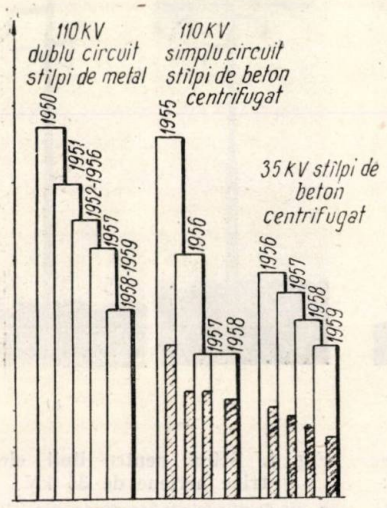


Fig. 6. Evoluţia consumului de materiale: beton (dreptunghiuri nehaşurate) şi oţel (dreptunghiuri haşurate) pentru stîlpii liniilor electrice aeriene.

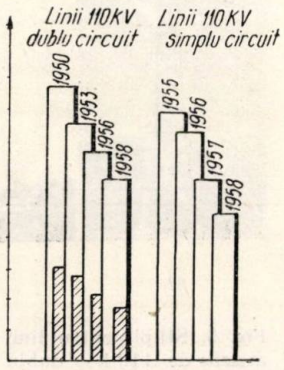


Fig. 7. Evoluţia consumului de materiale: beton (dreptunghiuri nehaşurate) şi oţel beton (dreptunghiuri haşurate) pentru fundaţiile normale ale stîlpilor de susţinere ai liniilor electrice aeriene.

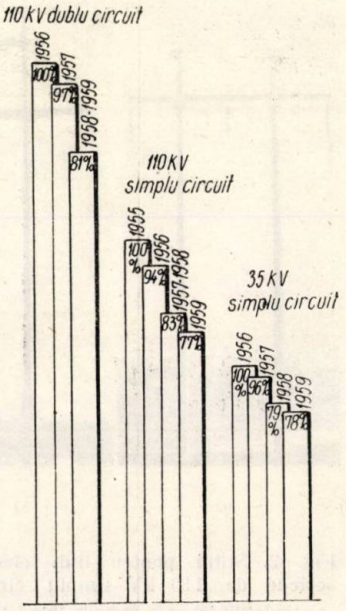


Fig. 8. Evoluţia costului liniilor electrice aeriene.

Pentru aceşti stîlpi, fundaţiile nu au prezentat o problemă din punct de vedere al realizării constructive, forma fiind clasică, prismatică; pentru acest tip de fundaţie preocuparea s-a îndreptat în direcţia reducerii volumului de beton. În acest scop s-a creat un gol în interiorul fundaţiei, gol umplut cu pămînt. Din anul 1954 s-a adoptat şi pentru liniile cu simplu circuit pe stîlpi metalici tipul de stîlp cu bază largă. Pentru aceste tipuri de linii fundaţiile folosite au fost identice cu cele de la stîlpii liniilor cu dublu circuit.

Problema fundaţiilor pentru stîlpii de beton este abordată pentru prima oară în I.S.P.E. în 1951. Sistemul de fundaţie aplicat şi care se aplică actualmente este acela de fundaţie tip pahar. Şi la acest sistem de fundaţie (110 kV şi 35 kV) s-au efectuat unele reduceri, micşorîndu-se de exemplu grosimea radierului fundaţiei şi în oarecare măsură şi grosimea pereţilor. De la început s-a renunţat a se arma fundaţia, contîndu-se pe rezistenţa betonului simplu şi pe cea a terenului din pereţii gropii.

Pentru terenurile speciale, traversări de zone mlăştinoase, de rîuri etc., au fost adoptate soluţii adecvate situaţiei (fundaţii pe piloţi, chesoane etc).

Aşa cum s-a arătat mai sus, în special pentru stîlpi şi fundaţii, tipurile constructive au fost continuu îmbunătăţite, ajungînd în ultimii ani la soluţii tehnice moderne şi economice.

Urmărind în timp evoluţia consumului de materiale principale, situaţia este următoarea (fig. 6 şi 7):

Linii de 110 kV *dublu circuit pe stîlpi metalici*

a) consumul de laminate pentru stîlpi a scăzut de la 25 t/km în 1950 la 13 t/km în 1958;

b) consumul de oţel pentru stîlpi a scăzut de la 10,2 t/km la 7,0 t/km în 1958÷59;

c) volumul de beton pentru fundaţia stîlpului normal de susţinere a scăzut de la 8 m³/buc în 1955 la 5,0 m³/buc în 1958÷1959.

Linii de 35 kV *pe stîlpi de beton*

a) consumul de beton pentru stîlpi a scăzut de la 15,10 m³/km în 1956 la 10,80 m³/km în 1958÷59;

b) consumul de oţel pentru stîlpi a scăzut de la 6,02 t/km în 1956 la 4,20 t/km în 1958÷59.

Toate reducerile de consumuri de materiale, atît la stîlpi şi fundaţii, cît şi la alte elemente (puneri la pămînt), au condus evident la micşorarea costului liniilor. Raportate la aceleaşi preţuri ale materialelor, manoperii şi transportului, reducerile costurilor faţă de anul 1956 sînt următoarele (fig. 8):

— linii de 110 kV dublu circuit 19%
— linii de 110 kV simplu circuit 23%
— linii de 35 kV 22%

Pentru viitor, proiectanţii de linii au sarcina de a urmări în continuare reducerea consumului de materiale şi a costului liniilor aeriene, fără a micşora siguranţa în exploatare a acestora, introducînd soluţii tehnice noi pe bază de calcule tehnico-economice.

Printre aceste soluţii se pot enumera: stîlpi de beton precomprimat, stîlpi metalici şi de beton articulaţi ancoraţi, fundaţii prefabricate. Prin reducerea cheltuielilor specifice de investiţii pentru linii electrice, se va putea realiza un volum mai mare de lucrări de electrificare.

Proiectanţii institutului sînt chemaţi de asemenea în anii care urmează să proiecteze linii cu tensiuni foarte înalte, care să situeze ţara noastră la nivelul ţărilor înaintate.

Zece ani de experienţă în proiectarea staţiilor de transformare

Ing. DINU VOINEA

La noi în ţară experienţa în domeniul proiectării, construcţiei şi exploatării staţiilor electrice mari datează din perioada de înfăptuire a celui dintîi plan de electrificare al R. P. R. (1950).

Spre deosebire însă de alte lucrări energetice, pentru care proiectele primelor obiective au fost întocmite de institute de specialitate din străinătate, în cazul staţiilor electrice proiectarea şi execuţia au fost rezolvate de la început şi în întregime în ţară.

Începutul organizării reţelei de înaltă tensiune (110 kV) a sistemului naţional s-a făcut în conformitate cu principiul de centralizare a instalaţiilor. Majoritatea staţiilor coborî-

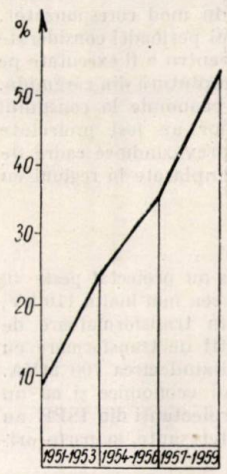


Fig. 1. Gradul de utilizare a suprafeţei de teren îngrădite.

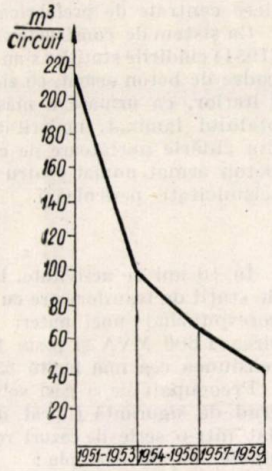


Fig. 2. Blocuri de comandă (volumul specific).

toare de 110 kV au fost concepute ca puncte importante de interconexiune, ceea ce a condus la folosirea schemelor cu bare colectoare (de regulă duble) la toate tensiunile şi cu două transformatoare cu plafon de putere 2×20 sau 2×40 MVA.

Aplicarea acestui principiu era justificată în acea perioadă, cînd previziunile de dezvoltare a consumului erau pline de incertitudini, cînd procurarea echipamentelor — în majoritate din import — se făcea cu serioase dificultăţi. Instalaţiile trebuiau să posede o mare elasticitate pentru a se putea adapta frecventelor modificări ce interveneau, uneori chiar înainte de terminarea execuţiei.

Pentru primele staţii de înaltă tensiune s-au folosit *tipuri constructive clasice*: instalaţiile de înaltă tensiune pînă la 30 kV inclusiv în clădire, cele peste 30 kV în exterior — construcţie semiînaltă. Deservirea instalaţiilor de toate tensiunile se făcea centralizat din camere de comandă.

Prin larga lor utilizare în trecut, în ţările mult electrificate aceste soluţii erau suficient verificate în exploatare şi din acest punct de vedere prezentau garanţii incontestabile.

La dimensionarea instalaţiilor s-au adoptat la început valori mai mari decît minimele prevăzute în prescripţii (de ex. s-au majorat distanţele între părţile sub tensiune, spaţiile şi căile de circulaţie din incinta staţiei, gabaritele canalelor de cabluri de control etc.) atît din cauză că nu se dispunea încă de suficientă experienţă de proiectare, cît şi pentru a se crea condiţii mai uşoare de execuţie — şi în special de exploatare — dată fiind calificarea pentru moment mai redusă a personalului respectiv.

Treptat, concepţia de proiectare s-a ameliorat şi, aproape fără excepţie, fiecare nou obiect a marcat un pas înainte.

În urma efectuării unor ample lucrări de documentare din literatura tehnică mondială s-a constatat că în perioada care a urmat după cel de-al doilea război mondial în ţările cu tehnică avansată au apărut o serie de idei noi, unele din ele de-a dreptul revoluţionare (ex: scheme de conexiuni primare cu un singur întreruptor comun pentru mai multe circuite, folosirea întreruptoarelor de înaltă tensiune de tip suspendat, aplicarea tehnicii curenţilor slabi la instalaţiile de comandă şi control etc.), care veneau să ofere, în locul soluţiilor consacrate, realizări mai ieftine, suficient de sigure şi mai uşor de exploatat. Introducerea unor asemenea soluţii a fost posibilă atît datorită progreselor obţinute în construcţia aparatelor, cît şi nivelului ridicat al electrificării din acele ţări (marea dezvoltare a reţelelor a făcut să scadă importanţa elementelor de reţea — linii, staţii — şi în consecinţă gradul de siguranţă pe care acestea trebuie să-l posede).

Pentru modernizarea staţiilor electrice s-a căutat să se meargă şi la noi pe căile urmate de ţările cu tehnică avansată şi anume:

a) *Simplificarea schemelor de conexiuni primare.* O primă normalizare s-a realizat în anul 1956, cînd s-a limitat folosirea schemelor cu bare colectoare duble şi s-a dat o mai mare extindere schemelor cu bare colectoare simple, iar la tensiuni mai înalte (110 kV), blocurilor linie-transformator.

b) *Utilizarea mai raţională a spaţiului ocupat de instalaţiile electrice.* Terenul destinat staţiilor a fost continuu redus, concomitent cu mărirea gradului de utilizare a spaţiului*, de la mai puţin de 20% în trecut la peste 50% astăzi. Acest rezultat s-a obţinut prin dispoziţii mai raţionale ale echipamentului, prin simplificarea circulaţiei în incinta staţiilor, prin renunţarea la rezervarea de suprafeţe de teren pentru extinderi ipotetice etc. Suprafaţa celulei exterioare de linie 110 kV şi 35 kV a înregistrat reduceri de peste 40%, iar volumul celulei interioare de linie 6 kV — cu bobină de reactanţă — a scăzut cu peste 25%.

c) *Introducerea de soluţii noi pentru instalaţiile de comandă, măsură, semnalizare şi protecţie.* Pentru instalaţiile de comandă şi control — paralel cu aplicarea pe o scară largă a soluţiilor clasice — s-au introdus într-o serie de cazuri soluţii perfecţionate, prin care se realizează condiţii de exploatare foarte comode. Astfel, prin folosirea aparatelor de comandă cu

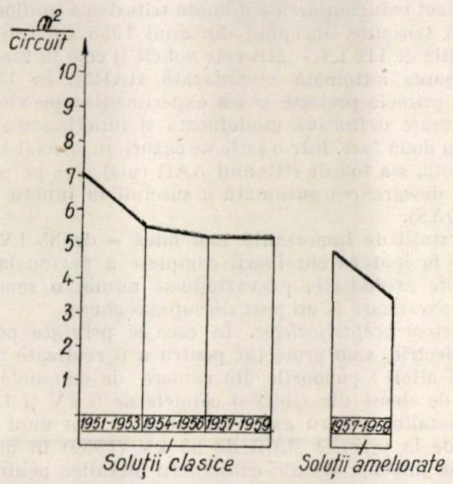


Fig. 3. Gradul de utilizare a spaţiului din camerele de comandă.

funcţiuni multiple (care deservesc mai multe circuite) şi prin separarea schemei sinoptice de restul aparatelor de comandă şi măsură s-a căutat ca atenţia operatorului să fie concentrată

* Gradul de utilizare a spaţiului = raportul dintre suprafaţa de teren efectiv ocupată de instalaţiile electrice şi de clădirile tehnologice şi suprafaţa cuprinsă în interiorul împrejmuirii generale.

pe un spaţiu mult mai redus decît în soluţiile clasice. Montarea la celulele de înaltă tensiune din staţiile interioare a aparatajului de protecţie a permis micşorarea sensibilă a dimensiunilor camerei de comandă şi a lungimii circuitelor respective. Indicii de spaţiu obţinuţi: 3,7 m²/circuit faţă de ~ 7 m²/circuit iniţial reprezintă un succes remarcabil.

În momentul de faţă sînt în curs de realizare — pe baza proiectelor întocmite de ISPE — două camere de comandă moderne în cadrul unor staţii mari de 110 kV. Instalaţia este concepută în conformitate cu tehnica curenţilor slabi, iar schemele sinoptice sînt luminoase. Trebuie subliniat faptul că se foloseşte numai echipament construit în ţară, între care aparate de comandă şi semnalizare, precum şi releele intermediare („de cod") din seria fabricată pentru automatizarea căilor ferate.

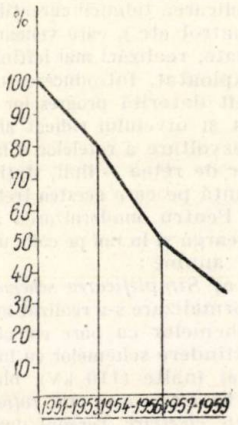


Fig. 4. Costul specific al lucrării (raportat la un circuit primar de 110 kV).

d) *Reducerea volumului serviciilor interne şi a instalaţiilor auxiliare.* Introducerea, chiar parţială, a acţionărilor mecanice şi pneumatice la întreruptoare a permis simplificarea instalaţiei de curent continuu. Astfel, folosirea noilor tipuri de întreruptoare de 110 kV, la care acţionările electromagnetice sînt înlocuite cu acţionări pneumatice, a redus la jumătate capacitatea necesară a bateriilor de curent continuu. Instalaţiile şi amenajările pentru decuvarea şi transportul transformatoarelor, cu care erau dotate primele staţii de 110 kV, au fost mult restrînse ulterior. În locul turnurilor de decuvare şi al gospodăriilor de ulei s-au prevăzut în ultimii ani portaluri de decuvare, însă numai pentru transformatoare cu puteri peste 10 MVA. Pentru transportul transformatoarelor la staţii nu s-au mai construit căi ferate ci drumuri obişnuite pentru transport auto.

e) Mărirea gradului de siguranţă al instalaţiilor şi reducerea personalului de exploatare prin *aplicarea pe scară largă a automatizărilor şi telemecanizărilor.* Încă de la primele lucrări s-a prevăzut reanclanşarea automată trifazică a liniilor aeriene de înaltă tensiune. Începînd din anul 1955 s-a introdus pe toate liniile de 110 kV — atît cele noi cît şi cele în funcţiune — reanclanşarea automată monofazată RARM. În 1957 s-au executat primele proiecte şi s-a experimentat pe viu RARM cu declanşare definitivă monofazată şi funcţionarea în continuare în două faze. Într-o serie de cazuri, în special la lucrări mai recente, s-a folosit sistemul AAR (mai ales pe partea de 6 kV) şi descărcarea automată a sarcinii în funcţie de frecvenţă (DAS).

Unele staţii de importanţă mai mică — de 35 kV — s-au proiectat în ipoteza eliminării complete a personalului permanent de exploatare, prevăzîndu-se numai o semnalizare unică de avertizare la un post de supraveghere.

f) *Folosirea prefabricatelor.* În ceea ce priveşte partea de montaj electric, s-au proiectat pentru a fi realizate prefabricat, între altele: panourile din camera de comandă, cutiile generale de cleme din staţii şi celulele de 6 kV şi 15 kV în cabine metalice pentru exterior, începînd din anul 1953.

Chiar de la primele staţii de 35 kV (1950) în proiectele ISPE s-au înlocuit vechile construcţii metalice pentru susţinerea căilor de curent din staţiile exterioare cu cadre de beton armat vibrat, alcătuite din stîlpi prefabricaţi şi rigle turnate la faţa locului în poziţie definitivă. După această experienţă reuşită, la prima staţie de 110 kV s-a trecut la cadre total prefabricate: stîlpi cu secţiunea I şi riglă cu secţiunea T din beton armat vibrat (1951).

Introducerea elementelor centrifugate la cadrele din staţiile exterioare s-a făcut din anul 1955, obţinîndu-se o calitate superioară a prefabricatelor, economisirea integrală a materialului lemnos şi un cost redus. Tot prefabricat s-au proiectat şi executat şi suporţii pentru aparatele montate în exterior (din beton armat vibrat).

În ceea ce priveşte evoluţia consumurilor de beton şi oţel-beton, indicii raportaţi la un cadru indică scăderi de circa 30%, respectiv 38%, la cadrele din beton armat vibrat şi circa 21% , respectiv 36%, la cadrele din beton armat centrifugat.

Reducerile înregistrate în consumurile de materiale se datoresc în mare parte micşorării solicitărilor mecanice ale stîlpilor — cu pînă la 75% — ca urmare a unor acţiuni succesive de reconsiderare a metodelor de calcul pentru întinderea conductoarelor şi revizuirii încărcărilor şi săgeţilor admisibile.

În viitorul apropiat se va trece la utilizarea elementelor de beton armat centrifugat precomprimat.

Utilizarea prefabricatelor la clădirile staţiilor s-a făcut într-o măsură relativ redusă, avînd în vedere: specificul construcţiei (planşee cu multe goluri), lipsa modulării şi tipizării tehnologice a staţiei, existenţa unor solicitări importante dinamice, imposibilitatea executantului de a crea ateliere centrale de prefabricate utilate în mod corespunzător.

Ca sistem de construcţie, la începutul perioadei considerate (1951) clădirile staţiilor s-au proiectat pentru a fi executate pe cadre de beton armat, cu zidărie de umplutură din cărămidă. Ulterior, ca urmare a măsurilor de economie la consumul oţelului laminat, majoritatea clădirilor au fost proiectate din zidărie purtătoare de cărămidă, prevăzîndu-se cadre de beton armat numai pentru clădirile amplasate în regiuni cu seismicitate periculoasă.

* * *

În 10 ani de activitate, în I.S.P.E. s-au proiectat peste 40 de staţii de transformare cu tensiunea cea mai înaltă 110 kV, corespunzînd unei puteri instalate în transformatoare de circa 1 600 MVA şi peste 100 de staţii de transformare cu tensiunea cea mai înaltă 35 kV, totalizînd circa 700 MVA.

Preocupaţi de a găsi soluţii cît mai economice şi cu un grad de siguranţă ridicat, numeroşi proiectanţi din ISPE au dat într-o serie de cazuri rezolvări interesante, în parte originale, ca de exemplu:

a) Schema instalaţiilor de curent continuu pentru deservirea consumatorilor cu şocuri puternice de curent — dispozitivele de acţionare solenoidale — prin care s-a redus capacitatea necesară a bateriilor de acumulatori (aplicată din 1952).

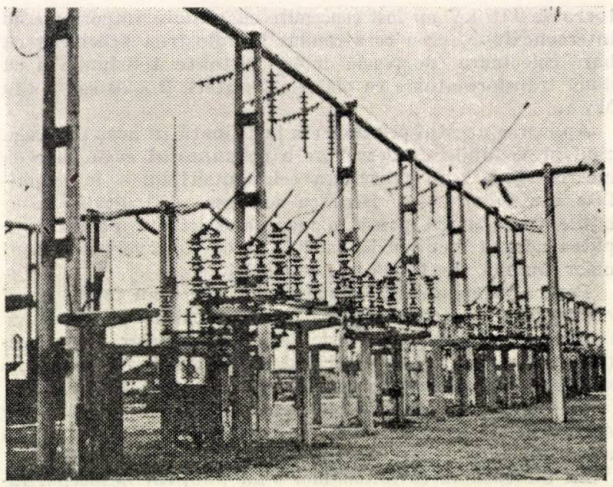


Fig. 5. Staţie exterioară de 110 kV cu cadre de beton armat centrifugat.

b) Dispoziţia constructivă mixtă* pentru staţiile de 35 kV cu bare colectoare, prin care se reduc substanţial costul şi spaţiul ocupat (aplicată din 1957).

---

* Echipamentul se montează parţial în exterior şi parţial în interior.

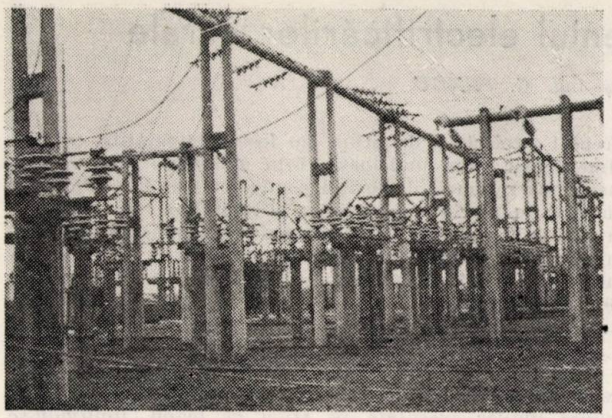


Fig. 6. Staţie exterioară de 35 kV cu cadre de beton armat centrifugat.

c) Metoda de calcul pentru întinderea conductoarelor din staţii, care permite evaluarea corectă a solicitărilor în cadrele staţiilor şi a condiţiilor de montaj şi a dat posibilitatea uşurării succesive a construcţiilor pentru susţinerea căilor de curent din conductoare flexibile (aplicată din 1957).

d) Suportul de separator cu consolă, care soluţionează în mod avantajos problema manevrării la transport a echipamentului greu din staţie, a făcut posibilă găsirea unor dispoziţii foarte economice pentru instalaţiile de tip exterior de 110 şi 35 kV (s-a aplicat din 1958).

Datorită ameliorării soluţiilor tehnice, concomitent cu raţionalizarea procesului de execuţie şi ieftinirea echipamentelor, costul staţiilor de transformare a înregistrat o continuă scădere (de peste 60%) în perioada 1950—1959. Nu se poate susţine însă că în acest domeniu nu mai sînt încă multe posibilităţi care se cer a fi valorificate.

Din acest motiv, preocupările de viitor urmează a fi canalizate în direcţia:

a) îmbunătăţirii soluţiilor electrice şi constructive pe măsura asimilării de către industria electrotehnică a unui aparataj perfecţionat şi a industrializării procesului de execuţie, urmărindu-se în special:

— simplificarea substanţială a schemelor de conexiuni primare prin raţionalizarea utilizării barelor colectoare, a întreruptoarelor de înaltă tensiune, a bobinelor de reactanţă pe liniile de 6 kV etc.;

— reducerea în continuare a gabaritelor instalaţiilor;

— scurtarea timpului de execuţie prin extinderea prefabricării;

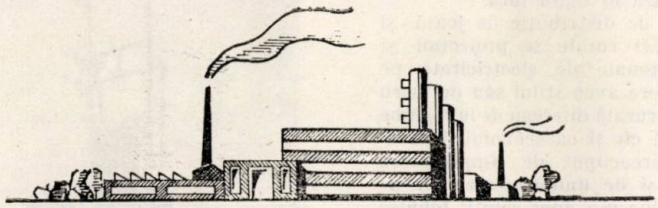
— automatizarea şi telemecanizarea staţiilor;

b) uniformizarea soluţiilor atît în ceea ce priveşte elementele, cît şi ansamblurile.

I.S.P.E. a elaborat în ultimul timp un studiu-temă, în care se analizează detaliat această problemă pentru staţiile de 110/35/15/6 kV. Se propun trei dispoziţii constructive pentru staţiile exterioare de 110 kV, două dispoziţii constructive pentru staţiile exterioare de 35 kV şi trei dispoziţii constructive pentru staţiile interioare de 15 şi 6 kV. Numărul tipurilor de clădiri pentru blocurile de comandă a fost redus la 3, al stîlpilor şi riglelor care intră în alcătuirea cadrelor de beton armat centrifugat din staţiile exterioare de 110 kV şi 35 kV la 9, al stîlpilor de beton centrifugat pentru suporţii de aparate la 3 etc. În ceea ce priveşte staţiile de 35/6(15) kV, urmează a fi revizuite soluţiile tip elaborate în 1957, pentru a fi puse de acord cu ultimele măsuri de economii introduse în proiectare.

În afară de aceasta urmează a se trece şi la elaborarea proiectelor pentru primele staţii de tensiuni foarte înalte (220, 380 kV).

Experienţa cîştigată în decursul unei activităţi de 10 ani, perioadă în care pornind de la un stadiu foarte puţin evoluat al concepţiei de proiectare s-a ajuns astăzi la nivelul tehnicii celei mai moderne, îndreptăţeşte previziunile cele mai optimiste asupra rezultatelor ce se vor obţine în acest domeniu în viitor.



Contribuţia institutului în domeniul electrificărilor rurale

Ing. *PAUL MILITARU şi* ing. *C. ŢENCU*

În intervalul 1952÷1957 institutul de studii şi proiectări energetice a avut sarcina să proiecteze printre celelalte lucrări energetice şi reţele de distribuţie pentru electrificări rurale. Proiectele acestor reţele se efectuau prin serviciile regionale de proiectare ale institutului, existente în oraşele

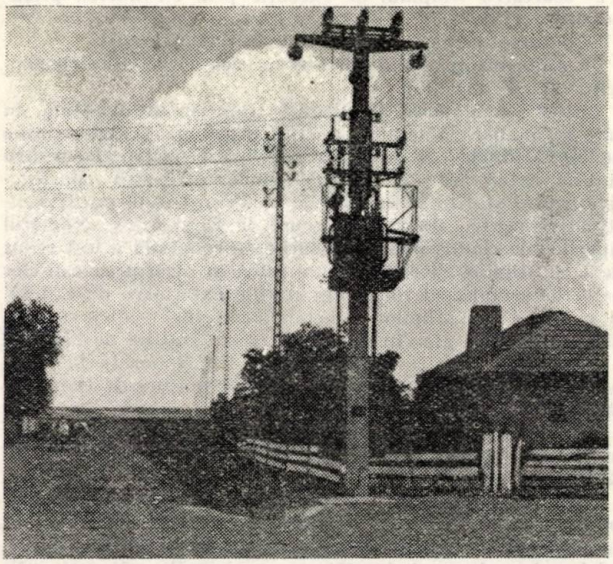


Fig. 1. Post de transformare trifazat 15/0,4 kV—25/50 kV pe un stîlp de beton armat centrifugat.

Bucureşti, Cluj, Sibiu, Oraşul Stalin, Galaţi, Constanţa şi Cîmpina. În urma măsurilor luate de guvern pentru descentralizarea activităţii de proiectare, din 1958 serviciile regionale de proiectare au trecut în cadrul întreprinderilor regionale de electricitate. Proiectele de reţele pentru electrificări rurale se efectuează în prezent de către serviciile de proiectare ale întreprinderilor regionale de electricitate şi ale unor institute regionale de proiectări. Institutul de studii şi proiectări energetice are totuşi în continuare sarcina de a întocmi proiecte tip, îndrumare de proiectare, studii cu caracter general, care se aplică şi se difuzează în toată ţara.

Înainte de anul 1952, reţelele de distribuţie de joasă şi înaltă tensiune pentru electrificări rurale se proiectau şi executau de întreprinderile regionale de electricitate pe stîlpi de lemn. Fiecare întreprindere avea stilul său de lucru şi de aceea reţelele de electrificare rurală difereau de la regiune la regiune, atît ca soluţie tehnică cît şi ca economicitate.

De la început institutul s-a preocupat de simplificarea lucrărilor de electrificare rurală şi de uniformizarea lor pe întreg cuprinsul ţării. Prin introducerea unor soluţii tehnice mai economice şi uniformizarea acestora s-a creat posibilitatea de a se trece la confecţionarea în serie a elementelor întrebuinţate la electrificare rurală, în ateliere centrale speciale, mărindu-se astfel ritmul de electrificare a satelor, concomitent cu reducerea preţului de cost.

În prima etapă s-au elaborat proiecte tip care au fost aplicate pe întreg cuprinsul ţării prin serviciile regionale de proiectare ale institutului.

Încă din anul 1953 au fost introduşi stîlpii de beton armat centrifugat la liniile de medie tensiune 6÷15 kV, în locul celor de lemn, economisindu-se cantităţi mari din acest material, care era mai necesar în alte ramuri ale economiei de stat. S-au proiectat de asemenea posturile de transformare pe stîlpi de beton armat centrifugat. Toate elementele constructive ale liniilor de 6÷15 kV şi posturilor de transformare 6/0,4 kV şi 15/0,4 kV au fost uniformizate, proiectele elaborate pentru acestea de institut fiind utilizate în întreaga ţară.

Treptat proiectele de stîlpi au fost îmbunătăţite, printr-o dimensionare mai judicioasă, prin adoptarea unui coronament mai raţional (dispoziţia conductoarelor în triunghi cu vîrful în sus), prin simplificarea prescripţiilor, etc., astfel că în anul 1959 s-a ajuns la indici tehnico-economici foarte avantajoşi. Astfel stîlpul de susţinere pentru linii de 15 kV proiectat în 1959 poate fi folosit la o deschidere de 85 m faţă de 70 m în 1953 pentru conductoare de oţel-aluminiu 50 mm² şi prezintă totuşi un volum cu 39,6%, o greutate cu 39,5% şi o cantitate oţel cu 23,7% mai mici decît la tipul iniţial.

Fundaţiile stîlpilor au fost de asemenea simplificate. S-au extins fundaţiile burate, folosite la liniile cu stîlpi de lemn, asupra liniilor executate pe stîlpi de beton, limitîndu-se întrebuinţarea fundaţiilor turnate numai în locurile unde terenul este mlăştinos şi nu permite plantarea stîlpilor direct în pămînt.

Datorită măsurilor de simplificare şi uniformizare luate de institutul nostru, preţul pe km de linie de 6÷15 kV construită pe stîlpi de beton armat centrifugat a fost redus între anii 1953 şi 1959 cu peste 30%. În ultima vreme a fost reconsiderată soluţia tehnică folosită la liniile de 15 kV pentru electrificare rurală şi s-a introdus un tip uşor de stîlp din beton, dimensionat pentru conductoare de oţel-aluminiu 50 mm², secţiune medie folosită la conductoarele liniilor de electrificare rurală. Prin aceasta costul liniilor cu conductoare de secţiune mică se micşorează cu cca 17% faţă de soluţia întrebuinţată în 1959.

Concomitent, institutul a creat tipurile corespunzătoare de stîlpi din beton armat vibrat şi în prezent a elaborat proiecte pentru stîlpi vibraţi precomprimaţi.

În afară de elaborarea proiectelor tip şi aplicarea lor la lucrările de electrificare rurală, institutul s-a preocupat de

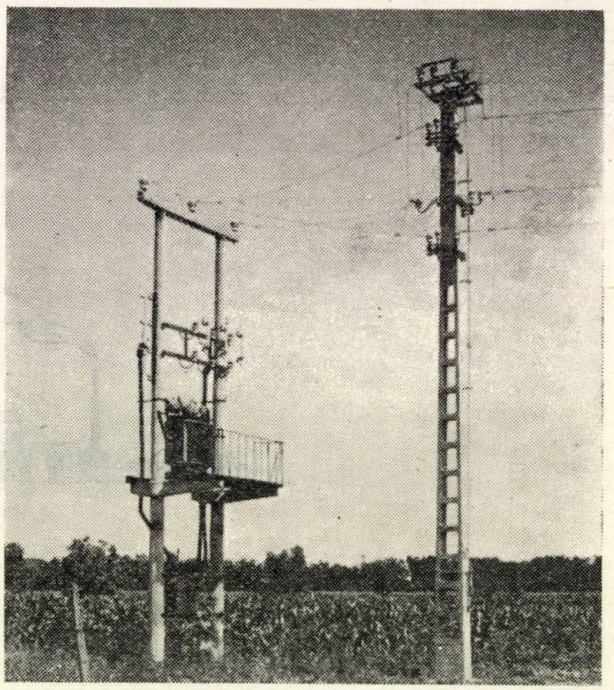


Fig. 2. Post de transformare trifazat 15/0,4 kV — 25/50 kVA pe doi stîlpi de beton armat centrifugat

introducerea tehnicii noi — adoptarea soluţiilor celor mai moderne şi economice folosite în ţările cu reţele electrice mai dezvoltate, în primul rînd URSS şi celelalte ţări de democraţie populară.

Astfel încă din anul 1953 s-a construit prima rețea în sistemul cu două conductoare și pămînt (DCP) în țara noastră*. După anul 1953 sistemul DCP a fost extins după proiecte ale institutului, în prezent existînd rețele de 15 kV care funcționează în acest sistem în regiunile Brăila, Craiova și Reg. Autonomă Maghiară. Rețelele DCP sînt mai economice cu cca 15÷20% față de cele construite în sistemul cu trei conductoare.

În cadrul institutului s-au elaborat proiecte de linii de 15 kV și de posturi de transformare 15/2 × 0,22 kV monofa-

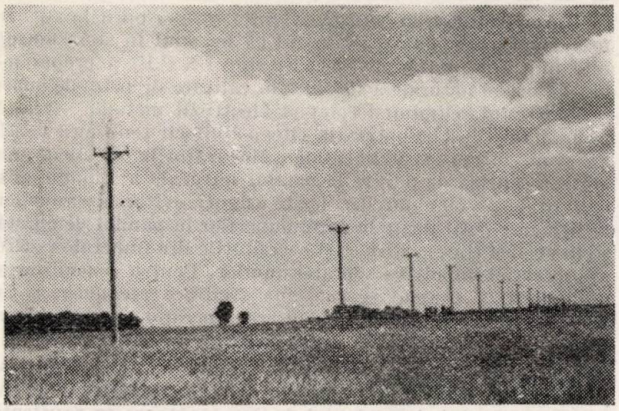


Fig. 3. Linie electrică aeriană 15 kV sistem DCP construită pe stîlpi de beton armat centrifugat.

zate care s-au aplicat la lucrările de electrificări rurale. Racordurile monofazate luate din rețele trifazate de 6÷15 kV permit realizarea unor lucrări mai economice și mai ușor de executat și de aceea institutul nostru a luat măsura extinderii acestui sistem la lucrări de electrificare rurală. De asemenea au fost întocmite studii privind mărirea capacității de transport a unor rețele de distribuție rurală de 15 kV din țara noastră — întinse însă puțin încărcate — prin compensare longitudinală cu condensatoare serie.

* Lucrările au fost inițiate și proiectate de un colectiv compus din ing. *N. Gheorghiu*, ing. *P. Militaru* și ing. *I. Popovici*.

Ieftinirea lucrărilor de electrificare rurală putîndu-se face prin ieftiniri parțiale operate asupra tuturor elementelor componente, institutul a propus și aplicat diverse simplificări în proiectare, obținînd derogările corespunzătoare de la normele în vigoare. Astfel s-a renunțat la legarea la pămînt a stîlpilor de beton în zonele nelocuite, s-au simplificat măsurile de siguranță la traversări de drumuri, la traversări de linii de telecomunicații și electrice, s-a eliminat tipul special de stîlp cu separator adoptîndu-se o soluție care permite montarea separatorului pe un stîlp de întindere sau terminal al liniei, s-au mărit panourile de întindere, etc.

Institutul s-a preocupat și de simplificarea rețelelor de joasă tensiune folosite în mediul rural. A fost analizat sistemul de distribuție adoptat în lucrările executate: electrificarea unui sat dintr-un post de transformare cu o rețea puternică de joasă tensiune, arătîndu-se că acesta este în multe cazuri neeconomic. S-au propus sisteme de distribuție mai economice: electrificarea unui sat din mai multe posturi de transformare de putere mică, de regulă monofazate, cu o rețea simplă de joasă tensiune, sau îmbunătățirea sistemului utilizat în prezent prin folosirea unor autotransformatoare pe ramurile mai întinse ale rețelei. Deoarece actualul mod de alimentare a ariilor de treerat este în majoritatea cazurilor neeconomic, conducînd atît la supradimensionarea posturilor de transformare ale satelor cît și la construirea unei rețele de joasă tensiune de secțiune mare, care nu sînt folosite decît în perioada treieratului, s-a propus alimentarea ariilor de treerat din posturi de transformare mobile, agățate pe linia de medie tensiune iar amplasamentele ariilor să se aleagă judicios, în vecinătatea traseelor liniilor de medie tensiune.

Proiectele tip, normele de conținut și îndrumarele de proiectare pentru lucrările de electrificare elaborate de institutul nostru, au fost transmise tuturor unităților din cadrul întreprinderilor de electricitate și institutelor de proiectare regionale din țară, care se ocupă în prezent cu proiectarea lucrărilor de acest gen.

O sarcină deosebită a institutului a fost revederea periodică a prescripțiilor de proiectare a instalațiilor electrice de medie și joasă tensiune, în scopul simplificării și ușurării acestora.

Prin ordinul Ministerului Industriei Grele nr. 2000/59, în cadrul institutului a luat ființă un colectiv care are sarcina să strîngă în permanență documentații tehnice cu privire la electrificările rurale, să întocmească studiile tip și normativele necesare în vederea adoptării soluțiilor celor mai economice și să asigure difuzarea lor la întreprinderile regionale de electricitate și la institutele regionale de proiectare ale sfaturilor populare regionale.

Contribuția I.S.P.E. la protecția împotriva supratensiunilor atmosferice

Ing. *DĂNILĂ MARC*

Una dintre problemele energetice care depinde încă în mare măsură de fenomene ce nu se supun unui calcul riguros este protecția împotriva supratensiunilor atmosferice. În alegerea protecției joacă un mare rol probabilitatea și calculul statistic.

Acest lucru justifică studiile vaste experimentale și teoretice, precum și observațiile care se întreprind în toată lumea în legătură cu activitatea keraunică, cu efectele pe care le au loviturile de trăsnet asupra instalațiilor energetice.

Trecerea țării noastre pe drumul electrificării masive a ridicat în fața inginerilor noștri probleme variate, a căror rezolvare nu putea fi întîrziată.

Experiența din trecut era destul de restrînsă în special în privința protecției liniilor de înaltă tensiune și a protecției stațiilor împotriva supratensiunilor sosite de pe linie.

Preocuparea pentru îmbunătățirea protecției împotriva supratensiunilor se manifestă în ultimii zece ani pe plan mondial, legată de tendința generală de micșorare a costului investițiilor la obiectivele energetice.

În I.S.P.E. preocuparea mai intensă pentru problemele de protecție împotriva supratensiunilor atmosferice a început în anul 1953, prin colaborarea institutului la elaborarea primelor prescripții de protecție împotriva supratensiunilor editate de Ministerul Energiei Electrice.

Apariția acestor prescripții a marcat începutul unui șir de acțiuni care au dus la îmbunătățirea protecției împotriva supratensiunilor și ieftinirea ei.

Contribuția I.S.P.E. s-a manifestat în special în direcția protecției împotriva supratensiunilor atmosferice a liniilor electrice aeriene, unde rezultatele obținute sînt cele mai valoroase.

Tipul clasic de protecție împotriva supratensiunilor atmosferice pentru liniile electrice aeriene de 35 și 110 kV, prevăzut de prescripțiile din anul 1953, a fost protecția prin conductoare de protecție pe toată lungimea liniei, avînd un unghi

de protecție mai mic de 30° și prize de punere la pămînt cu rezistență mai mică de 10 ohmi. Această soluție conduce la proiectarea unor linii costisitoare în special pentru tensiunea de 35 kV, datorită atît costului ridicat al conductorului de oțel folosit drept conductor de protecție cît, mai ales, datorită scumpirii stîlpilor liniilor, care trebuie să suporte momente suplimentare de încovoiere sub acțiunea vîntului pe conductorul de protecție.

În urma unor analize amănunțite, bazate pe calculul probabilităților, în I.S.P.E. s-a determinat probabilitatea întreruperilor liniilor raportată la 100 km lungime și an. În felul acesta s-a dispus de un criteriu obiectiv de apreciere a pagubelor pe care le pot aduce întreruperile atît la liniile de 35 kV cît și la liniile de 110 kV.

Pe baza acestor studii s-a putut trage concluzia că eficacitatea conductoarelor de protecție la liniile de 35 kV nu este justificată, întrucît numărul mare de declanșări la această tensiune se datorește conturnărilor inverse, iar lovitura directă în conductorul activ conduce în general la punere la pămînt, și nu la declanșare. Această punere la pămînt se lichidează automat.

În cazul liniilor cu reanclanșare automată, eficacitatea conductorului de protecție este și mai puțin justificată, întrucît defectele datorită supratensiunilor sînt în mare parte pasagere și se lichidează în timpul pauzei de curent.

Renunțarea la conductoarele de protecție, ca mijloc de protecție principal al liniilor de 35 kV, a dat posibilitate institutului să proiecteze stîlpii de 35 kV în condiții mult mai avantajoase, ieftinind costul liniilor cu circa 6—8%.

Pentru tensiunea de 110 kV nu s-a putut trage o concluzie generală, avînd în vedere faptul că liniile de 110 kV sînt în prezent linii de interconexiune de importanță mare. Totuși, pe baza puținelor date pe care le avem și cu ajutorul hărții keraunice a țării, întocmită de către Institutul de Energetică al Academiei R.P.R., de la caz la caz, s-a renunțat și la conductoarele de protecție ale liniilor de 110 kV.

Statistica de avarii a Direcției Generale a Energiei Electrice arată că linia pe care a propus-o I.S.P.E. a fost corectă, întrucît nu se constată o diferență sensibilă sau concludentă în favoarea utilizării conductoarelor de protecție. Avarierea liniilor, atît a celor de 35 kV cît și a celor de 110 kV, este în limitele cifrelor prezentate în literatură.

Al doilea element care joacă importanță în protecția împotriva supratensiunilor a liniilor electrice aeriene este valoarea rezistenței prizei de punere la pămînt. În această direcție normele prevedeau, indiferent de tensiunea liniei, asigurarea unei prize de punere la pămînt cu valoarea de cel mult 10 ohmi.

Studiile întreprinse în I.S.P.E. în legătură cu valoarea prescrisă a rezistenței de punere la pămînt au arătat că această valoare nu conduce la soluții economice, în special la liniile de medie tensiune, unde deschiderea dintre stîlpi este redusă, iar izolația are un nivel puțin ridicat.

Într-adevăr nivelul de izolare al liniilor de medie tensiune nu asigură eliminarea conturnării inverse în cazul loviturii de trăsnet, chiar dacă rezistența prizei de pămînt are valoarea de 10 ohmi.

Pornind de la aceste date, în vederea economisirii electrozilor de punere la pămînt, în I.S.P.E. s-a propus și s-a obținut derogarea pentru liniile de medie tensiune pentru folosirea unor prize mai ieftine din oțel beton în loc de țeavă. Cu aceste prize în soluri cu rezistivitate medie, valoarea rezistenței prizei de punere la pămînt se obținea în jurul a 20 ohmi. Economiile evaluate pentru liniile la care s-a aplicat în decurs de un an această măsură reprezintă circa 700 000 lei.

Însă activitatea în această privință nu s-a oprit la atît. În faza următoare, bazați pe faptul că betonul în stare umedă este bun conducător de electricitate, I.S.P.E. a propus folosirea prizei naturale a stîlpului în calitate de priză de punere la pămînt, eliminînd complet electrozii metalici. Această propunere a fost adoptată la cîteva linii cu tensiunea de 15 kV sub formă experimentală. Măsurătorile efectuate au arătat că priza de punere la pămînt naturală a stîlpului este în limitele 2÷50 ohmi, deci poate asigura evitarea tensiunilor de atingere periculoase în cazul punerilor la pămînt de durată și, în același timp, satisface și necesitățile din punct de vedere al protecției împotriva supratensiunilor. Pentru generalizarea propunerii în prezent se continuă studiile, trecîndu-se și la încercări experimentale. Adoptarea acestor propuneri pe scară largă va conduce la economisire de metal și manoperă.

În domeniul protecției stațiilor de transformare, preocuparea institutului s-a concentrat asupra alegerii cît mai avantajoase a locului și numărului de descărcătoare cu rezistență variabilă, asupra protecției corespunzătoare a intrărilor liniilor în stații și asupra protecției neutrului transformatoarelor nelegate eficace la pămînt.

Pentru stabilirea concretă a eficacității protecției stației prin descărcătoare cu rezistență variabilă s-a elaborat o metodă de studiu grafico-analitică a supratensiunilor în stații. Metoda permite determinarea cu aproximație suficientă pentru calcule inginerești a supratensiunilor care apar în orice punct al stației.

Pentru stațiile de 35 kV, legat de problema îmbunătățirii protecției sosirilor, s-au determinat condițiile în care se pot lega conductoarele de protecție ale liniilor la cadrele stațiilor.

Activitatea în direcția protecției împotriva supratensiunilor atmosferice dusă în cadrul I.S.P.E. a fost în cea mai mare măsură concretizată în prescripțiile și instrucțiunile ministerului. În 1957 au apărut prescripțiile noi privitoare la protecția împotriva supratensiunilor, precum și instrucțiunile. La ambele lucrări și-a dat contribuția și I.S.P.E.

Mergînd pe linia îmbunătățirii continue a soluțiilor adoptate, pe linia realizării economiilor în investiții și asigurării siguranței necesare în alimentare, I.S.P.E. a adoptat în direcția protecției împotriva supratensiunilor soluții îndrăznețe la nivelul tehnicii mondiale.

Alegerea mărimii unităţilor din centralele termoelectrice

Ing. *NICOLAE ARMENCOIU*, ing. *IOAN A. BADEA* şi *MIRCEA MARINESCU*

Progresele făcute în ultimul timp în construcţia grupurilor turbogeneratoare, ca şi creşterea foarte importantă a consumului de putere şi energie electrică a ţării ridică problema găsirii de soluţii noi în stabilirea echipamentului centralelor termoelectrice.

Tendinţa principală în dezvoltarea instalaţiilor de producere de energie electrică se caracterizează în prezent prin concentrarea puterii în centrale foarte mari, echipate cu grupuri cu puteri unitare mari. Astfel, în prezent sînt în funcţiune centrale termoelectrice cu abur cu puteri de 1 600 MW şi se prevede să se ajungă la 2 000 MW. Acestea sînt echipate cu grupuri care sînt în funcţiune pînă la puterea de 500 MW. În U.R.S.S. se proiectează construirea de grupuri turbogeneratoare cu puteri unitare de 600 MW.

În acelaşi timp cu ridicarea mărimii unitare a grupurilor turbogeneratoare, respectiv a debitelor cazanelor de abur, are loc mărirea parametrilor aburului şi perfecţionarea ciclului termic şi a elementelor acestuia, ceea ce conduce la micşorarea consumului specific de combustibil pentru producerea de energie electrică.

Mărirea puterii unitare a grupurilor şi a puterii instalate a centralei conduce la micşorarea investiţiilor specifice în instalaţiile de producere, iar micşorarea consumului specific conduce, pe lîngă obţinerea unui preţ de cost al energiei electrice foarte scăzut, şi la realizarea unei economii foarte importante de combustibil.

Lucrarea de faţă examinează problema măririi puterii unităţilor din centralele termoelectrice care se vor construi în viitor în ţară, ţinînd seamă de aspectele specifice pe care le ridică această problemă în ţara noastră.

1. Criterii ce se iau în considerare la stabilirea puterii unitare a grupurilor din centrale

Stabilirea puterii unitare şi a numărului grupurilor instalate în centrală se face ţinînd seama de considerente tehnice şi economice.

Ca bază de plecare se consideră că se cunoaşte valoarea puterii instalate a centralei şi dinamica de dezvoltare a acesteia în timp. Determinarea acestor elemente se face ţinînd seama de resursele de combustibil, apă de răcire etc., precum şi de necesităţile şi caracteristicele sistemului energetic în care lucrează această centrală.

La stabilirea mărimii unităţilor cu care se va echipa centrala ca să ajungă la puterea aleasă, se iau în considerare elementele tehnice şi economice.

1.1. *Elemente tehnice.* Mărirea puterii unitare a grupurilor în centrale conduce la:

— micşorarea consumului specific al centralei, prin mărirea randamentului unităţilor şi realizarea unor cicluri mai perfecţionate;

— micşorarea numărului personalului de exploatare, prin reducerea numărului unităţilor şi mărirea gradului de automatizare;

— necesitatea măririi rezervei de avarie a sistemului energetic, întrucît creşte probabilitatea de avarie, o dată cu scăderea numărului unităţilor din sistem, dacă gradul de siguranţă al fiecărei unităţi rămîne acelaşi;

— necesitatea de mărire a puterii de transport a liniilor electrice, pentru a se putea satisface necesităţile sistemului, în cazul ieşirii din funcţiune a unui grup de putere mare, datorită reparaţiei sau avariei acestuia;

— mărirea stabilităţii dinamice a sistemului, o dată cu mărirea puterii unitare a grupurilor.

1.2. *Elemente economice.* Ridicarea puterii unitare a grupurilor în centrale termoelectrice conduce, din punct de vedere economic, la:

— micşorarea investiţiilor în centrală, prin reducerea preţului specific al puterii instalate în centrală o dată cu creşterea puterii unitare a agregatelor;

— un surplus de investiţii, cerut de mărirea procentuală a puterii de rezervă de avarie, necesitat de mărirea puterii unitare a grupurilor;

— investiţii suplimentare necesitate de mărirea capacităţii de transport a liniilor, cerută de ridicarea puterii unitare a grupurilor;

— reducerea de investiţii realizată printr-o dimensionare mai strînsă a maşinilor de putere mai mare, în cazul obţinerii unei aceleiaşi siguranţe de stabilitate dinamică;

— micşorarea investiţiilor în instalaţiile de extragere de combustibili noi, prin reducerea capacităţii instalaţiilor noi datorită scăderii consumului de combustibil anual;

— reducerea cheltuielilor de combustibil, prin micşorarea consumului specific datorită măririi unităţilor;

— reducerea cheltuielilor fixe datorită micşorării investiţiilor, reducerea cheltuielilor de personal şi a costurilor de exploatare şi de întreţinere, prin reducerea numărului unităţilor.

2. Stabilirea puterii instalate a grupurilor dintr-o centrală termoelectrică

Spre exemplificare, se examinează alegerea puterii unitare a grupurilor turbogeneratoare dintr-o centrală termoelectrică cu o putere instalată în etapa finală de 600 MW.

Ţinînd seama de dinamica de dezvoltare a sistemului energetic şi de puterea instalată în centrală, se consideră trei etape, durata fiecăreia fiind de cinci ani.

Tabela 1

Dinamica puterii instalate a centralei

Etapa	I	II	III
Puterea instalată a centralei, MW	300	600	600

Ţinînd seama de stadiul actual al tehnicii şi de mărimea sistemului energetic, s-au examinat următoarele posibilităţi de echipare a centralei:

Etapele II şi III Putere instalată 600 MW	Etapa I Putere instalată 300 MW
2×300 MW	1×300 MW
4×150 „	2×150 „
3×200 „	1×100+1×200 MW
6×100 „	3×100 MW
3×100+1×300 MW	
4×100+1×200 „	
3×100+2×150 „	

Pentru compararea soluţiilor s-au efectuat calculele economice pentru cele trei etape. Ca indici pentru investiţii, cost de combustibil, cheltuieli anuale, consumuri specifice de combustibil s-au utilizat indicii internaţionali, care sînt daţi în literatură [1], [2].

2.1. *Stabilirea indicilor.* S-a considerat că centrala funcţionează la o durată de utilizare a puterii instalate de 6 500 h/an, ceea ce revine la o producţie de energie electrică de 1 950 GWh/an la 300 MW şi 3 900 GWh/an la 600 MW.

Consumul de combustibil specific mediu anual, care ţine seama şi de consumul serviciilor interne şi randamentul la cazane, a fost evaluat [1] la (tabela 2):

Investiţiile în centrală au fost evaluate pe bază de indici din literatură [1], ajungîndu-se la valorile date în tabela 3.

Preţul combustibilului a fost evaluat la două valori: 100 U/tcc şi 30 U/tcc.

2.2. *Stabilirea rezervei de avarie.* Pentru comparare, soluţiile au fost aduse la echivalenţă şi în ceea ce priveşte mări-

mea puterii de rezervă de avarie, impunînd același grad de siguranță al sistemelor independent de puterea unitară a grupurilor instalate.

Prin calcul s-a determinat probabilitatea de ieșire de grupuri din funcțiune, pentru fiecare din soluțiile de mai sus, în cele trei etape de dezvoltare ale sistemului energetic, în funcție de mărimea rezervei pe baza metodei lipsei de putere probabile medii anuale [3], [4].

Din aceste valori s-a determinat care trebuie să fie mărimea rezervei de putere pentru ca să se respecte aceeași siguranță de avarie în sistem.

În fig. 1 se indică pentru soluțiile studiate, în funcție de mărimea puterii de rezervă, intervalul în ani la care este probabil să apară o întrerupere de o zi.

Soluțiile au fost aduse la echivalență, calculîndu-se pentru fiecare caz în parte rezerva necesară, considerîndu-se că este admisibilă o probabilitate de lipsă de putere de o zi la 5 ani,

Consumul specific mediu anual inclusiv servicii interne ale centralei *Tabela 2*

Puterea instalată a grupului MW	50	100	150	200	300
Tipul grupului	VK-50	PVK-100	SVK-150-1	SVK-200	SVK-300
Consumul specific, inclusiv servicii interne, kcal/kWh	3 170*	2 820*	2 710	2 650	2 150
Consumul specific, inclusiv servicii interne, g combustibil convențional kWh	450*	400*	385	375	305
Diferența de consum combustibil gcc/an	145*	95*	80	70	0

*) Evaluat prin comparație

Tabela 3

Investiții specifice în centrale

Puterea grupului MW	50	100	150	200	300
Investiție specifică U/kW	1 500	1 270	1 250	1 170	1 100

în cazul în care nu se face scăderea tensiunii. În străinătate se admit valori de 15 pînă la 50 ani.

Pe baza valorilor din diagramă, rezultă că pentru a avea aceeași siguranță pentru caz de avarie (o întrerupere de 1 zi la 5 ani), soluțiile cu grupuri mari necesită o rezervă de avarie suplimentară (tabela 4).

2.3. *Compararea soluțiilor de echipare a centralei.* Pe baza elementelor menționate s-au examinat comparativ soluțiile de echipare a centralei de 600 MW, după ce acestea au fost aduse la echivalență.

a) Consumul de combustibil. La o energie electrică livrată de către o centrală de 3 900 GWh/an la

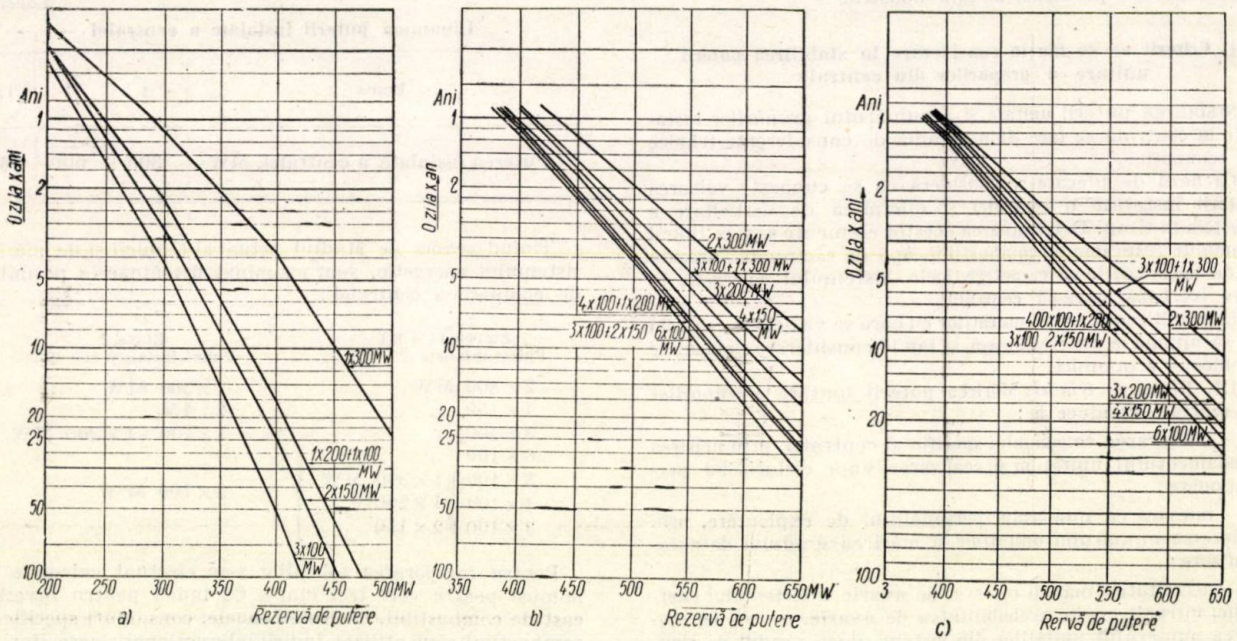


Fig. 1. Variația probabilității lipsei de putere în funcție de puterea de rezervă de avarie.

a – etapa I – centrală de 300 MW; *b* – etapa II – centrală de 600 MW; *c* – etapa III – centrală de 600 MW.

Surplusul de rezervă de putere de avarie în MW *Tabela 4*

Soluția centralei / Etapa	Centrală 300 MW				Centrală 600 MW						
	1×300	1×200 + 1×100	2×150	3×100	2×300	3×200	4×150	6×100	3×100 + 1×300	4×100 + 1×200	3×100 + 2×150
I	102	233	18	0	—	—	—	—	—	—	—
II	—	—	—	—	87	34	20	0	48	14	11
III	—	—	—	—	54	22	14	0	29	7,5	7,5

puterea 600 MW şi 1 950 GWh/an la 300 MW, consumul de combustibil va fi (tabela 5):

Tabela 5

Consumul suplimentar de combustibil

Puterea centralei MW	Soluţia bucăţi × MW	Diferenţă de consum specific de combustibil gcc/kWh	Consum suplimentar de combustibil total tcc/an
300	1×300	0	0
	1×200+1×100	70(95)*	152 750
	2×150	80	156 000
	3×100	95	185 250
600	2×300	0	0
	3×200	70	273 000
	4×150	80	312 000
	6×100	95	370 500
	1×300+3×100	0(95)*	185 250
	1×200+4×100	70(95)*	338 000
	2×150+3×100	80(95)*	341 250

* Consum specific pentru grupul de 100 MW.

b) Personal. Pe bază de indici specifici, considerînd scăderea numărului specific de personal în funcţie de micşorarea numărului unităţilor şi mărirea puterii unitare, rezultă (tabela 6):

Tabela 6

Numărul personalului centralei

Puterea centralei MW	Soluţia	Personal specific om/MW	Număr personal om	Diferenţe de personal om
300	1×300	0,98	294	0
	1×200+1×100	1,12(1,40)*	364	70
	2×150	1,26	378	84
	3×100	1,40	420	126
600	2×300	0,98	588	0
	3×200	1,12	672	84
	4×150	1,26	756	168
	6×100	1,40	840	252
	1×300+3×100	0,98(1,40)*	714	126
	1×200+4×100	1,12(1,40)*	784	196
	2×150+3×100	1,26(1,40)*	798	210

* La grupul de 100 MW.

Tabela 7

Investiţii în centrale, linii şi putere de rezervă

Puterea instalată a centralei MW	Soluţia	Rezervă suplimentară de avarie MW		Investiţii specifice		Investiţii 10^6 U			
		Etapa I Etapa II	Etapa III	Centrala $\frac{10^3 \text{ U}}{\text{kW}}$	Linii $\frac{\text{U}}{\text{kW}}$	Centrala	Linii	Putere Etapele I, II	Rezervă Etapa III
300	1×300	102	—	1,10	31,7	330	9,5	127,5	—
	1×200+1×100	33	—	1,17(1,27)	15,8(0)	361	3,1	41,2	—
	2×150	18	—	1,25	9,0	375	2,7	22,5	—
	3×100	0	—	1,27	0	381	0	0	—
600	2×300	87	54	1,10	31,7	660	19,0	108,7	67,5
	3×200	34	22	1,17	15,8	702	9,5	42,5	27,5
	4×150	20	14	1,25	9,0	750	5,4	25,0	17,5
	6×100	0	0	1,27	0	762	0	0	0
	1×300+3×100	48	29	1,10(1,27)	31,7(0)	711	9,5	60,0	36,2
	1×200+4×100	14	7,5	1,17(1,27)	15,8(0)	742	3,1	17,5	9,4
	2×150+3×100	11	7,5	1,25(1,27)	9,0(0)	756	2,7	13,7	9,4

Observaţie: Valorile în paranteză se referă la grupurile de 100 MW.

Tabela 8

Investiţii totale şi diferenţe între soluţii

Puterea instalată a centralei MW	Soluţia	Total investiţii, 10^6 U pentru etapa			Diferenţe investiţii 10^6 U pentru etapa		
		I	II	III	I	II	III
300	1×300	467,0	—	—	86,0	—	—
	1×200+1×100	405,3	—	—	24,3	—	—
	2×150	400,2	—	—	19,2	—	—
	3×100	381,0	—	—	0	—	—
600	2×300	—	787,7	746,5	—	33,7	7,5
	3×200	—	754,0	739,0	—	0	0
	4×150	—	780,4	772,9	—	26,4	33,9
	6×100	—	762,0	762,0	—	8,0	23,0
	1×300+3×100	—	780,5	756,7	—	26,5	17,7
	1×200+4×100	—	762,6	754,7	—	8,6	15,7
	2×150+3×100	—	772,4	768,1	—	18,4	19,1

c) Investiţii. Pe bază de indici specifici [1], [2] s-au determinat investiţiile pentru soluţiile examinate aduse la echivalenţă. În acest scop, pe lîngă investiţiile în centrală (la 300 MW şi 600 MW), s-au adăugat investiţiile în puterea suplimentară de rezervă de avarie (la 1 250 U/kW), precum şi investiţiile suplimentare în linii de transport.

În echivalarea soluţiilor, nu s-au trecut investiţiile în dezvoltarea de instalaţii de extragere de combustibil şi nici investiţiile suplimentare pentru aducerea soluţiilor la acelaşi grad de siguranţă din punct de vedere al stabilităţii dinamice.

d) Cheltuieli anuale. Soluţiile examinate se compară din punct de vedere al cheltuielilor anuale. În calculul comparativ întocmit, s-au luat în considerare exclusiv amortizările, combustibilul şi personalul, făcîndu-se ipoteza, acoperitoare pentru grupurile de putere mare, că restul cheltuielilor sînt aceleaşi indiferent de mărimea grupului.

e) Compararea soluţiilor. Examinarea se face din punct de vedere economic al investiţiilor şi cheltuielilor anuale pentru soluţiile aduse la echivalenţă. Cum raportul între soluţii variază, pe lîngă prezentarea diferenţelor de investiţii şi cheltuieli anuale pentru cele trei etape examinate s-au calculat şi cheltuielile însumate pe o perioadă de 15 ani. De asemenea, pentru a se vedea influenţa combustibilului, s-au întocmit cheltuielile şi valorile şi pentru un combustibil mai ieftin (30 U/tcc).

În tabela 10 se dau comparativ valorile găsite. Din examinarea făcută rezultă următoarele:

Pentru etapele II şi III, soluţia cu grupuri de 300 MW conduce la economii importante de cheltuieli anuale. Pe întreaga perioadă de 15 ani examinată, ţinînd seama şi de investiţii, echiparea centralei cu două grupuri de 300 MW conduce faţă de restul soluţiilor la economii de 244—455 mil. U la preţul combustibilului de 100 U/t combustibil convenţional şi de 50—123 mil. U la preţul combustibilului de 30 U/tcc.

Dintre celelalte soluţii, cea mai avantajoasă este cea cu 3×100 MW + 1×300 MW, care, deşi pe întreaga perioadă de 15 ani conduce la cheltuieli însumate mai mari decît soluţia cu 2×300 MW, în schimb în etapa I permite să se aducă economii de investiţii de ordinul 86 mil. U, ceea ce reprezintă circa 26% din investiţia centralei de 300 MW.

Tabela 9

Compararea cheltuielilor anuale

Puterea centralei MW	Soluţia	Consum suplimentar de combustibil t/an	Personal suplimentar om	Diferenţa cheltuielilor anuale 10^6 U/an				
				Amortizări (6%)	Combustibil (100 U/t)	Personal 10 000 U/om	Total	Diferenţă pentru total
	Etapa I							
300	1×300	0	0	28,02	0	0	28,02	0
	$1\times200+1\times100$	152 750	70	24,32	15,27	0,70	40,29	12,27
	2×150	156 000	84	24,01	15,60	0,84	40,45	12,43
	3×100	185 250	126	22,86	18,52	1,26	42,64	14,62
	Etapa II							
600	2×300	0	0	47,26	0	0	47,26	0
	3×200	273 000	84	45,24	27,30	0,84	73,38	26,12
	4×150	312 000	168	46,82	31,20	1,68	79,70	32,44
	6×100	370 500	252	45,72	37,05	2,52	85,29	38,03
	$1\times300+3\times100$	185 250	126	46,83	18,52	1,26	66,61	19,35
	$1\times200+4\times100$	338 000	196	45,76	33,80	1,96	81,52	34,22
	$2\times150+3\times100$	341 250	210	46,34	34,12	2,10	82,56	35,50
	Etapa III							
	2×300	0	0	44,79	0	0	44,79	0
	3×200	273 000	84	44,34	27,30	0,84	72,49	27,69
	4×150	312 000	168	46,37	31,20	1,68	79,25	34,46
	6×100	370 500	252	45,72	37,05	2,52	85,29	40,50
	$1\times300+4\times100$	185 250	126	45,40	18,52	1,26	65,18	20,39
	$1\times200+4\times100$	338 000	196	45,28	33,80	1,96	81,04	36,25
	$2\times150+3\times100$	341 250	210	46,09	34,12	2,10	82,31	37,52

Tabela 10

Compararea soluţiilor

Soluţia		Diferenţe						Diferenţă de cheltuieli (anuale + investiţii) însumate pe 15 ani în 10^6U la preţul de cost al combustibilului convenţional de:	
		Etapa I		Etapa II		Etapa III			
Etapa II şi III	Etapa I	Investiţii 10^6 U	Cheltuieli anuale 10^6U/an	Investiţii 10^6 U	Cheltuieli anuale 10^6U/an	Investiţii 10^6 U	Cheltuieli anuale 10^6U/an	100 U/tcc	30 U/tcc
2×300	1×300	86,0	0	33,7	0	7,5	0	0	0
3×200	$1\times200+1\times100$	24,3	12,27	0	26,12	0	27,69	299,80	54,25
4×150	2×150	19,2	12,43	26,4	32,44	33,9	34,46	393,45	120,45
6×100	3×100	0	14,62	8,0	38,03	23,0	40,50	445,55	123,35
$1\times300+3\times100$	3×100	0	14,62	26,5	19,35	17,7	20,39	244,20	50,80
$1\times200+4\times100$	3×100	0	14,62	8,6	34,26	15,7	36,25	399,55	98,15
$2\times150+3\times100$	3×100	0	14,62	18,4	35,30	29,1	37,52	423,40	119,80

Soluția cu 6 grupuri a 100 MW necesită, față de 2 × 300 MW, o cheltuială însumată pe 15 ani mai mare cu circa 445 mil U, ceea ce reprezintă circa 67% din prețul centralei de 600 MW.

Concluzii

Mărirea puterii unitare a grupurilor (cazane — turbine) instalate în centrale conduce la importante reduceri de investiții specifice în centrale și la foarte însemnate economii de combustibil.

Ridicarea puterii unitare a grupurilor impune în schimb mărirea puterii de rezervă de avarie a sistemului energetic și mărirea capacității liniilor electrice de transport. Aceste valori depind de puterea instalată și de mărimea și numărul unităților sistemului energetic.

În cazul concret examinat, în care se ține seama de indicii economici, dependenți de caracteristicile sistemului energetic în cele trei etape de dezvoltare, rezultă că soluția optimă pentru echiparea centralei este cu două grupuri de cîte 300 MW.

Dacă însă se urmărește să se reducă investițiile în prima etapă, atunci se poate adopta soluția cu instalarea a trei grupuri de cîte 100 MW, profilul final de 600 MW urmînd să se atingă cu instalarea în etapa a doua a unui grup de 300 MW.

Bibliografie

[1] Eisenberger B. L., Sivakova E. R. și alții: *Probleme de dezvoltare a sistemelor energetice și de proiectare a rețelelor electrice* — Leningrad 1957.

[2] Kirchmayer L. K., Melor A. G., O., Mara J. F. și Stevenson J. R.: *Mărimea economică a unităților din centralele termoelectrice cu abur.* Archiv für Energiewirtschaft Nr. 12, iunie (1956), pag. 469/86.

[3] Calabrese G.: *Calculul puterii de rezervă în sistemele electrice prin metoda probabilității.* Bulletin Scientifique de A.I.M. — Montefiore (1955).

[4] * * *: *Tabele de distribuție a probabilității binominale cu șase zecimale* — AIEE — Transactions vol. 61 part. III, (1952) p. 597/620.

Considerații asupra stabilității statice, dinamice și a reglajului cu ajutorul compensatoarelor în sistemul energetic interconectat al R.P.R.

Ing. *LIVIU GROZA* și ing. *GHEORGHE MORAITE*

Pe măsura extinderii sistemului energetic interconectat din țara noastră, problemele care se pun în legătură cu obținerea unei siguranțe suficiente și a unei îmbunătățiri calitative a funcționării sistemului apar mai complexe și în același timp mai importante.

În cele ce urmează se analizează pe etape de dezvoltare, în vederea obținerii unei caracterizări generale, trei dintre problemele cele mai importante ale sistemului energetic interconectat din R.P.R., și anume:

a) comportarea sistemului interconectat din punct de vedere al stabilității statice;

b) analiza reglajului tensiunii obținut cu ajutorul compensatoarelor sincrone;

c) analiza stabilității dinamice la scurtcircuite în rețea.

1. *Metoda de calcul.* Metoda de calcul utilizată, care ne-a permis examinarea unui mare număr de cazuri, după experiența noastră personală, este aceea a analizei grafice, propusă de ing. P. Dimo [1] [9]. Această metodă este în momentul de față singura cale practic posibilă de a aborda cu o suficientă precizie un complex de probleme ca acesta, în lipsa unui model de rețea corespunzător.

În privința analizei regimurilor dinamice, această metodă le depășește ca exactitate pe cele utilizate în străinătate pentru calcule cu caracter preliminar și informativ, cum ar fi citirile din curbele precalculate [3], [10]. Prin metoda grafică utilizată se pot examina toate elementele esențiale din cursul fenomenului dinamic respectiv.

Metoda a fost verificată în ceea ce privește stabilitatea dinamică a sistemului [4] și a dat rezultate satisfăcătoare în privința șocului de tensiune, a oscilațiilor de curenți, a perioadelor de oscilație. Rezultatul a fost mai puțin exact în privința variației frecvenței, însă în această problemă nu s-a ajuns încă la un rezultat satisfăcător, din cauza complexității problemei inerției sarcinii [6], [7].

De altfel, în problema noastră, a scurtcircuitelor, influența variației frecvenței intervine în mod secundar. Un rol mai important îl joacă frecvența în problemele de reglaj, la deconectarea grupurilor mari sau a liniilor importante. În cazul scurtcircuitelor, cînd examinăm doar prima oscilație, efectul regulatoarelor încă nu intervine, din cauza intervalului de timp scurt examinat.

2. *Ipoteze de calcul.* Pentru simplificarea calculului s-au făcut următoarele ipoteze:

— s-au neglijat rezistențele ohmice ale unei porțiuni a elementelor schemei (generatoare, transformatoare, linii);

— s-au admis următoarele legi de variație ale puterilor consumate în funcție de tensiune: pentru puterea activă $P = pU^2$ (pentru calculele de stabilitate dinamică), $P = p_1$ și $P = p_2U$ (pentru calculele de stabilitate statică), iar pentru puterea reactivă $Q = q_1U^2$, unde p, p_1, p_2 și q_1 sînt constante, de natura admitanței;

— inerția sarcinilor rotative a fost inclusă în inerția generatoarelor prin majorarea cu 30% a constantelor de inerție ale acestora;

— sarcinile au fost aruncate la noduri după legea momentelor.

1. Comportarea sistemului interconectat din punct de vedere al stabilității statice

1.1. *Prezentarea problemei.* O orientare importantă asupra siguranței de funcționare a sistemului național interconectat rezultă din cercetarea rezervelor de tensiune în noduri și a puterilor maxime pe arterele principale.

Calculele respective de stabilitate au fost efectuate pe baza criteriului lui Markovici și Bruk, pe calea procedeului „analizei grafice" [1], [11] pentru diverse etape de dezvoltare a sistemului (1957, 1960, 1965). Utilizînd acest procedeu, s-a putut studia un număr mare de cazuri. Simplificările introduse (neglijarea rezistențelor, saturației mașinilor, forța electromotoare internă constantă, înlocuirea unei ramuri prin curentul de scurtcircuit și sarcina aruncată respectivă) sînt admise pentru calculele orientative de acest gen. [1], [3], [5], [11].

În lucrarea de față s-a căutat să se stabilească anumite legi de evoluție în timp a caracteristicilor de stabilitate statică amintite, în diversele etape de dezvoltare a sistemului.

1.2. *Tensiunile critice.* Calcule mai generalizate pentru rețea s-au făcut pentru etapele 1957 și 1960. S-au ales 7 noduri caracteristice pe artera principală a rețelei de 110 kV, reprezentate prin bare ale stațiilor de 110 kV, notate în ordinea succesiunii lor de la 1 la 7. Dintre acestea, 3 noduri reprezintă stații ridicătoare ale marilor centrale, iar 4 noduri reprezintă stații coborîtoare, la care sînt legate și centrale locale.

În tabela de mai jos sînt cuprinse rezultatele calculelor tensiunilor critice în condițiile de înrăutățire ale creșterii consumului de putere activă și reactivă în nod și verificarea regimului limită prin criteriul dQ/dU.

Tabela 1

Tensiunea critică în % față de tensiunea de funcționare

Nr. de ordine al stației	Felul stației	Creșterea puterii active în nod			Creșterea puterii reactive în nod			Observații
		1957	1960	1965	1957	1960	1965	
1	ridicătoare	76	77	—	68	70	—	aproximativ constant
2	coborîtoare	79	75	—	72	69	—	scade
3	coborîtoare	79	77	—	73	70	—	scade
4	ridicătoare	79	71	—	73	61	—	scade
5	coborîtoare	76	77	—	68	70	—	aproximativ constant
6	ridicătoare	75	73	72	62	64	—	aproximativ constant
7	coborîtoare	77	82	83	70	78	—	crește

Se observă că în general tensiunea critică scade pe măsura dezvoltării sistemului, ceea ce înseamnă că se îmbunătățește calitatea funcționării rețelei. Aceasta se explică prin faptul că rețeaua se rigidizează prin apariția de noi centrale și linii de legătură. Totuși pot exista situații speciale (creșterea consumului, creșterea circulației pe linii, încărcarea mai mare a centralelor etc.) cînd această regulă nu se păstrează.

Aceeași regulă se constată și în cazul tensiunilor critice obținute prin creșterea consumului de putere reactivă din nod.

În general se observă că, față de rezervele de tensiune critice admisibile de 5—10%, sistemul se află într-o situație favorabilă, fiind în general un sistem rigid din punct de vedere al tensiunilor critice.

1.3. *Puteri maxime pe arterele principale.* Calculele s-au efectuat pentru sistemul energetic interconectat pentru anii 1957 și 1960. Păstrînd aceleași notații, în ordinea numerică, de-a lungul arterei principale, s-au obținut rezultatele de mai jos. Condițiile de înrăutățire presupun încărcarea unei ramuri cu putere activă și descărcarea celeilalte, cu menținerea sarcinii active consumate constante, pînă la limita de stabilitate, controlată prin criteriul dQ/dU.

Tabela 2

Puteri în MW, rezerve de stabilitate în%

Artera (între stațiile de mai jos)	1957				1960				Observații	
	P	ΔP	P_{max}	%	P	ΔP	P_{max}	%	P_{max}	%
1—2	45	37	82	82	73	28	101	38	crește 22%	scade
2—3	19	21	40	110	22	40	62	180	crește 55%	crește
3—4	24	55	79	230	50	59	109	119	crește 38%	scade
4—5	56	47	103	84	73	67	140	92	crește 36%	crește
5—6	23	—	—	—	12	—	—	—	—	—
6—7	50	48	98	96	63	50	113	79	crește 15%	scade

P este puterea inițială în regim de vîrf; ΔP — rezerva de putere.

Rezerva de stabilitate este considerată după formula:

$$K = \frac{\Delta P}{P} 100 \ \%$$

Se observă în primul rînd că rezervele procentuale de putere pe diversele artere pot crește sau pot scădea pe măsura dezvoltării sistemului. Puterile maxime transmisibile, în schimb, cresc întotdeauna.

Condițiile de funcționare a liniilor din punctul de vedere al puterilor maxime sînt în orice caz satisfăcătoare, rezerva de stabilitate fiind în toate cazurile peste 20%, valoare recomandată în general ca limită admisibilă de funcționare.

*

Din cercetarea stabilității statice a sistemului energetic interconectat în privința tensiunilor critice și puterilor maxime ce se pot transmite static stabil pe arterele principale în anumite condiții de înrăutățire a regimului de vîrf, se constată că avem o situație în general favorabilă.

Dintr-o analiză mai exactă, efectuată pentru un interval de 3 ani, se constată că pe măsura dezvoltării sistemului situația se ameliorează.

Tensiunile critice în general scad, cu mici excepții. Determinarea situației limită s-a făcut în condițiile creșterii puterii active și reactive consumate în diversele noduri. Creșterile respective de putere sînt întotdeauna mai mari în valoare absolută.

Rezervele procentuale de putere activă transmisă pe linie pot să crească sau pot să scadă, însă, pe măsura dezvoltării sistemului interconectat, puterile maxime ce se pot transporta pe linii cresc întotdeauna în valoare absolută.

1.4. *Exemplu de calcul de stabilitate statică.* Ne propunem să determinăm puterea maximă ce se poate transporta stabil pe artera 4—5 a sistemului energetic interconectat din anul 1957 (tabela 2).

Din reducerea schemei sistemului energetic la barele de 110 kV ale stației ridicătoare nr. 4 (tabela 1) a rezultat, la puterea de bază, $S_b = 100$ MVA, schema generatoarelor echivalente prezentată în fig. 1. Reducerea schemei s-a făcut

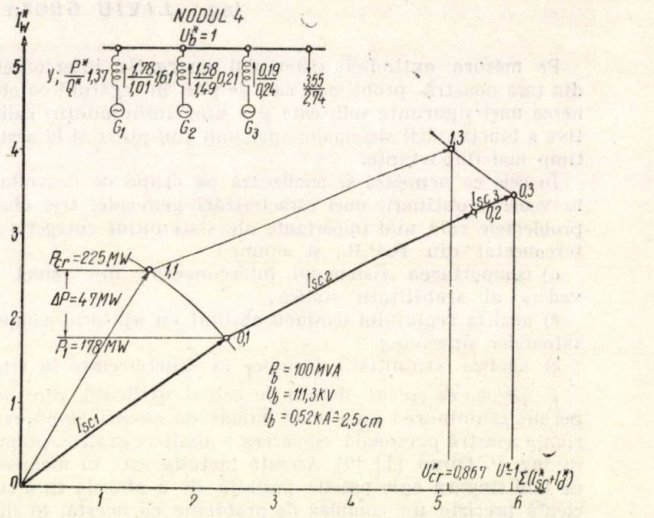


Fig. 1. Puterea maximă pe artera de interconexiune cu nodul 5.

ca și în cazul scurtcircuitelor, pentru generatoarele sincrone luîndu-se însă ca reactanță inversul raportului de scurtcircuit. Aruncarea sarcinilor s-a făcut după legea momentelor.

Pentru tensiunea de bază $U_b = 111,3$ kV s-a întocmit următorul tabel al curenților de scurtcircuit, corespunzător situației inițiale:

Tabela 3

Curenți în unități relative

Generatorul echivalent	I_{sc}^*	I_d^*	$I_{sc}^* + I_d^*$	I_w^*
G_1	1,37	1,01	2,38	1,78
G_2	1,61	1,49	3,10	1,58
G_3	0,21	0,24	0,45	0,19

Generatoarele echivalente sînt reprezentate prin curenții lor de scurtcircuit în fig. 1.

Plecînd de la poziția inițială 0—01—02—03, se obține poziția critică 0—11—13, în care, utilizînd criteriul Bruk-Markovici, se anulează expresia $dQdU$ calculată după procedeul proiecțiilor [1]. În acest calcul grafic s-a considerat că sarcina activă din nodul de 110 kV a schemei echivalente (355 MW) a rămas constantă, ca și excitațiile generatoarelor echivalente.

Pentru a obține poziția critică 0—11—13 s-a încărcat generatorul G_1, deoarece în schema reală sistemul energetic reprezentat prin generatorul G_1 trimite putere activă în restul sistemului prin artera 4—5.

Încărcarea generatorului G_1 la limită este $P_{cr} = \frac{6,5}{2,5} \cdot \frac{128}{148} \cdot 100 = 225$ MW. Valoarea, în unități relative, a tensiunii critice corespunzătoare este : $U_{cr} = \frac{128}{148} = 0,867$.

Prin urmare generatorul G_1 se poate încărca în plus, față de situația inițială, cu $\Delta P = P_{cr} - P_1 = 225 - 178 = 47$ MW

2. Analiza variațiilor produse de reglaj

Puterea unitară a compensatoarelor sincrone pentru o contribuție utilă la reglajul tensiunii în nodurile rețelei de 110 kV.

În cadrul calculelor ce se efectuează privind regimurile de funcționare ale sistemului nostru național, s-a analizat, bineînțeles, și problema puterii reactive și a reglajului tensiunii.

Cu această ocazie s-a scos în evidență rolul pe care îl joacă mărimea puterii compensatoarelor sincrone în reglajul tensiunii în nodurile rețelei de 110 kV.

Compensatoarele sincrone se utilizează pe scară tot mai largă în rețelele de transport și distribuție pentru reglajul tensiunii, alături de autotransformatoare și, bineînțeles, prizele de reglaj ale transformatoarelor de forță.

Avantajul compensatoarelor față de autotransformatoare este că reglează mărimea tensiunii în mod fin, nu în trepte, și în plus pot contribui la reglarea fazei tensiunii.

În cazul rețelei de 110 kV este convenabil ca la barele coborîtoare ale stațiilor sau în apropierea lor să fie montate compensatoare sincrone atît pentru reglajul fin al tensiunii și facilitarea închiderii buclelor, cît și pentru realizarea ridicării tensiunii la barele de distribuție ale stațiilor coborîtoare la orele de vîrf de sarcină, pentru îmbunătățirea nivelului în rețeaua locală de distribuție.

Pentru a realiza un asemenea reglaj al tensiunii la bare de 7,5% la orele de vîrf [2], [3], [11], este necesară o anumită putere a compensatorului, care depinde de poziția stației respective de 110 kV în rețea și de gradul de dezvoltare a rețelei interconectate în momentul respectiv.

Cu ajutorul analizorului grafic Dimo [1] s-au putut analiza noduri caracteristice ale rețelei în diverse etape și ipoteze de scheme.

S-a considerat un reglaj de +5% pentru cazul în care compensatorul sincron se excită de la mers în gol la plină sarcină. S-a considerat reglajul efectuat exclusiv de compensatoarele sincrone, restul grupurilor generatoare fiind încărcate la maxim posibil de reactiv. În cazul subexcitării de la mers în gol la —50% din curentul de excitație, se obține un reglaj al tensiunii de circa — 2,5%, ceea ce face ca în cazul nostru gama totală de reglaj să fie de circa 7,5%.

2.1. *Determinarea puterii compensatoarelor.* După gradul de rigiditate al rețelei în punctul respectiv s-au considerat următoarele categorii tip de stații :

1. Stații depărtate de centralele mari, fără centrale locale.
2. Stații depărtate de centralele mari, cu centrale locale.
3. Stații apropiate de centralele mari, fără centrale locale.
4. Stații apropiate de centralele mari, cu centrale locale.
5. Stații legate direct la centralele mari (dată numai indicativ întrucît compensările nu se fac, de obicei, la centralele mari).

Etapa 1957 este dată numai cu titlu informativ, întrucît pentru dimensionarea utilajului etapele de perspectivă sînt cele ce interesează.

Ceea ce se remarcă în primul moment este faptul că, începînd chiar din momentul de față, unitățile în construcție de 5 MVA nu corespund reglajului dorit în rețeaua de 110 kV.

Considerînd două, maximum trei unități pe stație, se observă că unități de 15 și 30 MVA satisfac necesitățile de reglaj

Tabela 4

Puterea compensatorului în MVA

Categoria de stație după gradul de rigiditate	Puterea compensatorului în MVA			
	1957	1960	1965	1970
1	5—7	13—18	18—32	25—45
2	7—10	15—20	20—40	40
3	15	30	40	45
4	19—22	36—45	45	50
5	18—33	32—50	60—65	70

chiar și pentru etape mai depărtate. Unități de 20 și 40 MVA ar concentra o prea mare putere într-o singură unitate, iar necesitățile de reglaj ar fi depășite chiar și pentru etape de perspectivă mai largă

Efectul de reglaj al compensatorului sincron într-o rețea interconectată depinde de rigiditatea rețelei în punctul unde acesta se instalează, considerînd că celelalte mijloace de reglaj au fost epuizate, la ora de vîrf de sarcină. Se face ipoteza că ar fi necesar un reglaj în plus al tensiunii de 5%. Se demonstrează că unitățile în construcție de 5 MVA nu satisfac această condiție, pentru etapele de perspectivă fiind necesare unități mai mari, de 15 și 30 MVA.

2.2. *Exemplu de calcul.* Un grup compensator de 30 MVA ridică tensiunea nodului cu +5%. Se consideră un nod de 110 kV la care debitează 3 ramuri, reprezentate prin 3 generatoare echivalente (fig. 2).

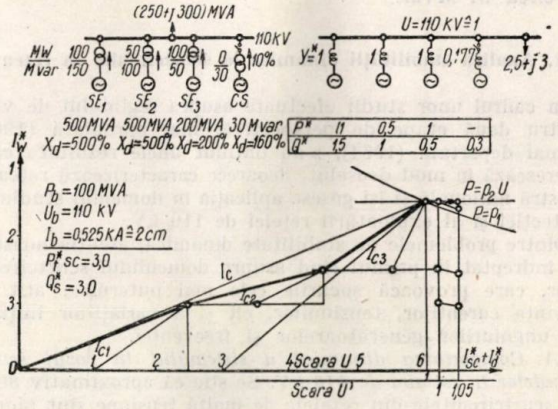


Fig. 2. Un grup sincron de 30 MVA ridică tensiunea nodului cu + 5%

Caracteristicile compensatorului sînt următoarele :

$S_n = 30$ MVA
$X_d = 160\%$
$X_{Tr} = 10\%$ (transformatorul ridicător la 110 kV).
$X_{total} = 170\%$.

$$Y = \frac{I}{1,7} = 0,59$$

În unități relative ($P_b = 100$ MVA).

$$X^* = \frac{170}{100} \cdot \frac{100}{30} = 5,66$$

$$Y^* = \frac{1}{5,66} = 0,177$$

Pentru tensiunea de bază $U_b = 110$ kV, s-a întocmit următorul tabel al curenților de scurtcircuit, corespunzător situației inițiale:

Tabela 5

Curenți în unități relative

Generatorul echivalent	I^*_{sc}	I^*_d	$(I^*_{sc} + I^*_d)$	I^*_w
G_1	1,0	1,5	2,5	1,0
G_2	1,0	1,0	2,0	0,5
G_3	1,0	0,5	1,5	1,0

$$K = \Sigma\left(I^*_{sc} + I^*_d\right) = 6{,}0 \qquad \Sigma I^*_w = 2{,}5$$

$$I^*_d = \frac{Q^*}{U^*} \text{ și } I^*_w = \frac{P^*}{U^*}.$$

Scara tensiunilor:

$$K = 6{,}0 \triangleq 12 \text{ cm, pentru } U^* = 1.$$

La conectarea compensatorului neexcitat, noua scară a tensiunilor:

$K^1 = 6{,}0 + 0{,}177 = 6{,}177 \triangleq 12{,}354$ cm (pentru $U^* = 1$).

Prin excitarea compensatorului la plină sarcină (30 MVar $\triangleq$ 0,6 cm) se obține tensiunea de:

$$U^*_1 = \frac{12{,}957}{12{,}357} = 1{,}05, \text{ adică } 115{,}5 \text{ kV sau } +5\%.$$

Sau mai exact:

$$\Delta U^*_1 = \frac{0{,}3}{0{,}177} = 0{,}0486 = 4{,}86\%.$$

Pentru a ridica tensiunea cu $+5\%$ ar fi necesar un grup de circa 31 MVar.

3. Analiza stabilității dinamice la scurtcircuite în rețea

În cadrul unor studii efectuate asupra regimului de vîrf, pentru două etape de perspectivă, mai apropiată (1960) și mai depărtată (1964), s-au obținut unele rezultate care interesează în mod deosebit, deoarece caracterizează rețeaua noastră națională și își găsesc aplicația în domeniul studiului protecției și al exploatării rețelei de 110 kV.

Dintre problemele de stabilitate dinamică, atenția noastră s-a îndreptat în primul rînd asupra domeniului scurtcircuitelor, care provoacă șocurile cele mai puternice, atît în privința curenților, tensiunilor, cît și a variațiilor inițiale ale unghiurilor generatoarelor și frecvenței.

3.1. *Comportarea dinamică a sistemului în cazul scurtcircuitelor în rețeaua de 110 kV.* Se știe că aproximativ 80% din scurtcircuitele din rețelele de înaltă tensiune sînt monofazate. De aceea verificarea comportării sistemului se face în primul rînd la acest fel de scurtcircuite [7], [8].

Cu titlu informativ s-au examinat și o serie de cazuri de scurtcircuite bifazate, obținîndu-se rezultate apropiate de cele monofazate.

Verificarea s-a făcut și în cazul scurtcircuitelor bifazate cu pămînt. Examinarea comportării sistemului în acest caz este recomandată în mai multe țări [2], [3], [6], [8]. Acest caz de scurtcircuit reprezintă un șoc puternic, mai aproape de cel al scurtcircuitelor trifazate.

Scurtcircuitele trifazate produc în general șocuri puternice și pot fi periculoase, necesitînd timpi scurți de deconectare a protecției. În general ele prezintă o varietate mare de cazuri.

Toate aceste cazuri de scurtcircuite pot fi grupate după locul în care au loc, obținîndu-se și în acest fel o eșalonare adecvată a cazurilor examinate. Din acest punct de vedere putem obține următoarele categorii caracteristice:

— scurtcircuite în apropierea centralelor mari, pe linii ce pleacă din stațiile ridicătoare respective;

— scurtcircuite în apropierea centralelor mici pe linii ce pleacă din stațiile coboritoare respective;

— scurtcircuite în apropierea stațiilor coboritoare, la care nu sînt legate centrale, dar care formează puncte de interconexiune în sistem.

Cazul scurtcircuitelor pe linii ce se află departe de centrale, pe ramificații, nu s-a mai examinat, fiind cel mai puțin defavorabil din acest punct de vedere.

3.1.1. Scurtcircuitele monofazate. Se constată că acest fel de scurtcircuite nu periclitează stabilitatea dinamică a sistemului în nici una dintre cele 3 categorii caracteristice, chiar și atunci cînd au loc la barele stațiilor respective.

Șocurile de tensiune, pe secvența directă, sînt în jur de 20%, iar șocurile de puteri pe generatoare sînt cuprinse, pe centralele locale, între 23% și 38%. Șocuri mai puternice sînt preluate uneori de sistemul energetic, însă sînt mai puțin periculoase. Variațiile de viteză pe generatorii locali ajung uneori la 0,4 %, ceea ce înseamnă că fac parte din categoria oscilațiilor mici [7].

3.1.2. Scurtcircuite bifazate cu pămînt. Acest gen de scurtcircuite trebuie deconectate, pentru cazurile cele mai defavorabile, la 0,6—0,7 s. Șocul inițial de tensiune pe secvența directă este în general de 50—60%, șocurile de putere pe generatoarele locale fiind între 65 și 86%. Variațiile de viteză pe generatoarele locale sînt cuprinse între 0,7 și 1,5%, adică sînt variații mijlocii. De asemenea, oscilațiile generatoarelor pot ajunge la valori mari (în jur de 100°).

3.1.3. Scurtcircuite trifazate. Se consideră că scurtcircuitul are loc la 10% distanță de barele stației. Timpii minimi de deconectare sînt în general mici, între 0,3 și 0,5 s, în cazul că scurtcircuitele au loc în apropierea stațiilor ridicătoare ale centralelor mari. În celelalte cazuri sînt mai puțin periculoase.

Șocurile de tensiune sînt în jur de 90%, iar șocurile de putere pe generatoarele locale pot fi în jur de 100% față de încărcarea inițială. Variațiile de viteză pe generatoare continuă să fie mici. Oscilațiile maxime ale unghiurilor generatoarelor locale pot ajunge la 100°.

*

Ca gravitate, din cele trei categorii tip examinate, cazurile cele mai periculoase sînt cele din categoria 1, adică în apropierea stațiilor ridicătoare la centralele mari. Pentru acest caz s-au obținut cifre apropiate date în tabela 6.

Tabela 6

Elementele principale rezultate din calcul

Elementele principale calculate	Felul scurtcircuitului		
	Monofazat	Bifazat cu pămînt	Trifazat la 10% lungime de linie
1. Timp limită de deconectare a protecției S	∞	0,6÷0,7	0,3÷0,4
2. Șoc de tensiune inițial, pe secvența directă %	20	50÷60	90
3. Șoc de putere inițial pe generatoarele apropiate %	23÷38	65÷86	100
4. Variația de viteză pe generatoarele apropiate, %	0,4	0,7÷1,5	0,5÷1,8
5. Variații unghiulare maxime față de axa sincronă (în grade electrice)	35	108	100

3.2. *Exemplu de calcul al stabilității dinamice. Scurtcircuit trifazat pe o plecare neîncărcată de* 110 kV *la* 3 km *de barele ridicătoare ale unei centrale mari din sistem.* Reducerea schemei reale a sistemului energetic s-a făcut ca și în cazul scurtcircuitelor, cu deosebirea că pentru generatoare s-a considerat reactanța tranzitorie.

Elementele diagramei curenților de scurtcircuit ai rețelei înainte de defect (fig. 3 și fig. 4):

puterea de bază $S_b = 100$ MVA;

tensiunea de bază $U_b = 110$ kV;

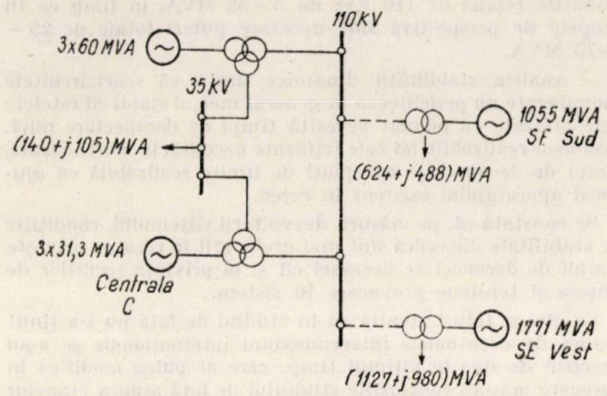


Fig. 3. Configurația sistemului.

I_{sc} — curentul de scurtcircuit exprimat în unități relative $I_{sc} = \dfrac{U}{X}$;

I_d — curentul dewatat al sarcinii $I_d = \dfrac{Q}{U}$;

I_w — curentul watat al sarcinii $I_w = \dfrac{P}{U}$.

Tabela 7

Curenți în unități relative

Generator echivalent	I^*_{sc}	I^*_d	$I^*_{sc} + I^*_d$	I^*_w	k^*
Centrala C	8,93	1,24	10,17	1,81	8,4
S. E. Vest	3,54	1,40	4,94	1,70	1,3
S. E. Sud	2,95	0,34	3,29	0,29	2,2

Constantele de inerție ale generatoarelor s-au calculat cu relația:

$$M = 2{,}74 \frac{GD^2 n^2}{S} \cdot 10^{-3} \; s \left(\text{tm}^2, \frac{\text{rot}}{\text{min}}, \text{kVA} \right);$$

$M^* = M \dfrac{S_i}{S_b}$, unde S_i este puterea instalată a generatorului echivalent. Termenul $k^* = \dfrac{360\, f\, (\Delta t)^2}{1{,}3\, M^*} = \dfrac{180}{1{,}3\, M^*}$ (deoarece $f = 50$ Hz, $\Delta t = 0{,}1$ s) este necesar pentru determinarea variațiilor unghiulare ale rotoarelor [1].

După cum se vede, am ținut seama de influența inerției sarcinii prin majorarea constantei de inerție respective a generatorului echivalent cu 30%.

Unghiul axei consumatorului unic este

$$\theta = \text{arc tg} \frac{p}{\Sigma Y^*_m + q} =$$

$$= \frac{3{,}8}{18{,}4} = 11{,}67°$$

iar în primul moment după defect (fig. 5)

$$\theta' = \text{arc tg} \frac{p}{\Sigma Y^*_m + q + Y^*_d} = \frac{3{,}8}{18{,}4 + 110} = 1{,}7°$$

unde:

$$p = \frac{I^*_w}{U^*}; \; Y^*_m = \frac{I^*_{sc}}{U^*}; \; q = \frac{I^*_d}{U^*} \text{ și}$$

$$Y^*_d = \frac{1}{X^*_d} = \frac{1}{0{,}0091} = 110$$

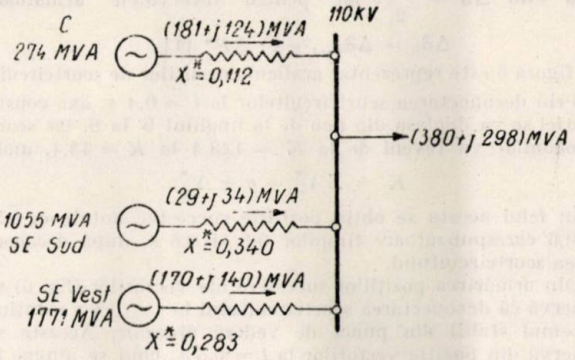


Fig. 4. Reducerea schemei înainte de defect.

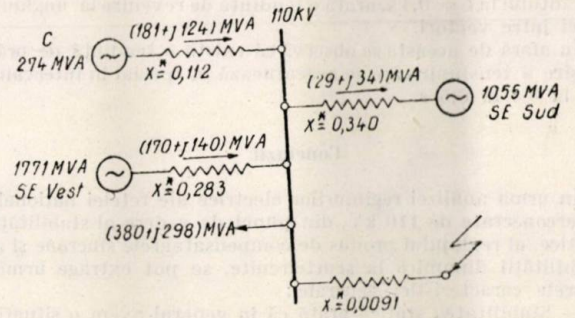


Fig. 5. Schema redusă cu defect.

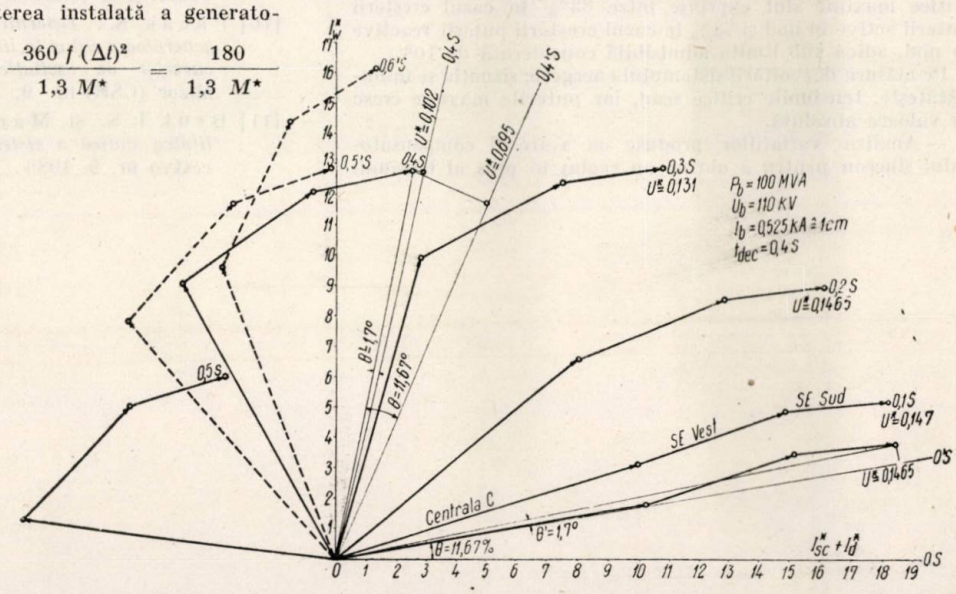


Fig. 6. Graficul vectorilor pentru cazul scurtcircuitului trifazat din figură.

X_d este reactanța porțiunii de linie de 110 kV, cu o lungime de 3 km, la capătul căreia are loc scurtcircuitul trifazat:

$$X_d = x_o \cdot l \cdot \frac{S_b}{U^2}$$

unde $x_o \cong 0{,}4 \frac{\Omega}{\text{km}}$, $l = 3$ km, $U = 110$ kV.

Poziția vectorilor din diagramă, în primul moment după scurtcircuit, rămîne neschimbată, deplasîndu-se doar axa consumației. Calculul creșterilor unghiulare ale poziției rotoarelor generatoarelor echivalente s-a făcut conform metodei pas cu pas. Astfel, după primul interval, creșterea unghiulară este $\Delta\delta = \frac{\Delta\delta'}{2}$, iar pentru intervalele următoare

$$\Delta\delta_n = \Delta\delta_{n-1} + k^* \Delta P^* \text{ [1].}$$

În figura 6 este reprezentat graficul curenților de scurtcircuit.

Prin deconectarea scurtcircuitelor la $t = 0{,}4$ s, axa consumației se va deplasa din nou de la unghiul θ' la θ, iar scara tensiunilor va reveni de la $K' = 128{,}4$ la $K = 18{,}4$, unde

$$K' = \Sigma Y_m^* + q + Y_d^*$$

În felul acesta se obțin pozițiile succesive notate cu 0,5′ și 0,6′ corespunzătoare timpilor 0,5 și 0,6 s, după deconectarea scurtcircuitului.

Din urmărirea pozițiilor succesive ale vectorilor (fig. 6) se observă că deconectarea scurtcircuitului la $t = 0{,}4$ s menține sistemul stabil din punct de vedere dinamic. Aceasta se observă din poziția vectorilor la $t = 0{,}5$ s, cînd se ajunge la un unghi relativ de 157° între vectorii care reprezintă generatoarele echivalente SE Sud și SE Vest. Pe de altă parte pozițiile relative ale vectorilor, în cazul deconectării scurtcircuitului la $t = 0{,}4$ s, arată o tendință de revenire la unghiuri mici între vectori.

În afară de aceasta se observă că există o tendință de prăbușire a tensiunii care se accentuează în special în intervalul de la 0,4 la 0,5 s.

Concluzii

În urma analizei regimurilor electrice ale rețelei naționale interconectate de 110 kV, din punct de vedere al stabilității statice, al reglajului produs de compensatoarele sincrone și al stabilității dinamice la scurtcircuite, se pot extrage următoarele caracteristici generale:

— Stabilitatea statică arată că în general avem o situație favorabilă, atît în privința rigidității în noduri cît și în privința puterilor maxime pe arterele principale. Tensiunile critice maxime sînt cuprinse între 83% în cazul creșterii puterii active în nod și 78% în cazul creșterii puterii reactive în nod, adică sub limita admisibilă considerată de 10%.

Pe măsura dezvoltării sistemului energetic situația se îmbunătățește, tensiunile critice scad, iar puterile maxime cresc în valoare absolută.

— Analiza variațiilor produse cu ajutorul compensatorului sincron pentru a obține un reglaj în plus al tensiunii de 5% la orele de vîrf de sarcină a arătat că unități de 15 și 30 MVA satisfac această condiție chiar și pentru etape mai depărtate. Tabelul dat la capitolul respectiv arată că în etapa inițială sînt suficiente puteri totale în compensatoare, în nodurile rețelei de 110 kV, de 5—53 MVA, în timp ce în etapele de perspectivă sînt necesare puteri totale de 25—70 MVA.

— Analiza stabilității dinamice arată că scurtcircuitele monofazate nu periclitează în general mersul stabil al rețelei; cele bifazate cu pămînt necesită timpi de deconectare mici, însă ușor realizabili, iar cele trifazate necesită, în multe cazuri, timpi de deconectare apropiați de limita realizabilă cu ajutorul aparatajului existent în rețea.

Se constată că, pe măsura dezvoltării sistemului, condițiile de stabilitate dinamică sînt mai grele, atît în ceea ce privește timpii de deconectare necesari cît și în privința șocurilor de putere și tensiune provocate în sistem.

Se atrage totuși atenția că în studiul de față nu s-a ținut seama de eventualele interconexiuni internaționale ce s-au precizat de-abia în ultimul timp, care ar putea modifica în oarecare măsură concluziile studiului de față asupra etapelor de perspectivă analizate.

BIBLIOGRAFIE

[1] Dimo P.: *Analiza sistemelor electroenergetice prin separarea nodurilor și utilizarea curenților de scurtcircuit.* Editura Tehnică, 1959.

[2] Markovici I. M.: *Sistemele energetice și regimurile lor de funcționare*, Gosenergoizdat, 1952.

[3] Kimbark E. W.: *Power System Stability*, 1948, vol. I.

[4] Groza L., Moraite G., Itoafă A.: *Determinarea pe viu a comportării dinamice a rețelelor după metoda analizei grafice Dimo.* Energetica nr. 5, 1958.

[5] Jdanov P. S.: *Stabilitatea sistemelor energetice*, Gosenergoizdat, 1948.

[6] Rorbert F., Favez L., Chevallier R.: *La détermination experimentale du temps de lancer d'un réseau.* RGE, 1956, octobre.

[7] Venikov V. A.: *Procese electromecanice tranzitorii în sistemele electrice*, Gosenergoizdat, 1958.

[8] * * * *Spravocinik po Electrotehniki*, Gosenergoizdat 1956, vol. II.

[9] Dimo P.: *Aplicarea metodei consumatorului unic în cercetarea stabilității dinamice a sistemelor energetice.* Studii și cercetări de energetică, nr. 4, 1956.

[10] Pacak S.: *Determinarea stabilității dinamice a două generatoare redus la un generator echivalent, cu ajutorul curbelor de oscilație precalculate.* Electrotechnicky obzor (CSR) nr. 9, 1958.

[11] Bruk I. S. și Marcovici I. M.: *Despre stabilitatea statică a sistemelor electrice complexe.* Elektricestvo nr. 9, 1938.

Proiectarea economică a rețelelor de distribuție urbane și rurale

Ing. *NICOLAE CHIRCULESCU*

Alimentarea consumatorilor de energie electrică din mediul urban și rural se realizează prin intermediul unui complex de instalații energetice, compus din rețeaua de medie tensiune (6, 10 sau 15 kV), posturile de transformare și rețeaua de joasă tensiune de 0,23 sau 0,4 kV.

Avînd în vedere că pe ansamblul economiei naționale costul investițiilor în instalațiile de distribuție urbane și rurale se ridică la valori importante, aspectele economice ale soluțiilor de realizare a acestora capătă o importanță din ce în ce mai mare.

Elementul esențial în alegerea soluției de alimentare a unui oraș sau a unei localități rurale este puterea posturilor de transformare care alimentează rețeaua de joasă tensiune sau, ceea ce este totuna, numărul posturilor de transformare, întrucît pentru un consum total dat, dacă puterea posturilor de transformare este cunoscută, rezultă numărul acestora și invers.

Caracteristica rețelelor de distribuție urbane și rurale este distributivitatea liniară a sarcinilor de-a lungul liniilor de joasă tensiune. La proiectarea rețelelor urbane și rurale se pornește de la sarcina uniform repartizată δ exprimată în kW (kVA)/m. Fiind cunoscută puterea posturilor de transformare, rezultă lungimea rețelei de joasă tensiune care urmează să fie alimentată de la un post de transformare. De asemenea rezultă lungimea și încărcarea rețelei de distribuție de medie tensiune, care alimentează un număr determinat de posturi de transformare.

Din cele arătate rezultă corelația strînsă care există între cele trei elemente constitutive ale complexului de instalații de distribuție. Configurația rețelelor, circulațiile de puteri care determină secțiunile conductoarelor și prin urmare investițiile și cheltuielile anuale ale rețelei de distribuție depind în mod direct de puterea posturilor de transformare.

După cum se știe însă, puterea și deci și numărul posturilor de transformare pot să varieze în limite largi, fapt care implică elaborarea unui număr mare de variante, ceea ce ar solicita un volum impresionant de ore de proiectare.

În ultimul timp, în literatura tehnică de specialitate au apărut o serie de lucrări care recomandă pentru alegerea puterii optime a posturilor de transformare utilizarea unor relații relativ simple, care să înlocuiască vechile concepții în proiectarea acestor instalații bazate pe „tradiții" sau un așa-zis „simț tehnic", fără o justificare tehnico-economică rațională.

În cele ce urmează, se prezintă metodologia care a condus la elaborarea relațiilor simplificate de calcul de puteri optime ale posturilor de transformare din rețelele de distribuție urbane și rurale, pe baza criteriului cheltuielilor totale minime, care include atît investițiile cît și cheltuielile anuale însumate pe o perioadă de timp determinată t_r, cunoscută sub denumirea de *timp de recuperare*.

1. Condiția economică de bază admisă pentru determinarea relației de calcul al puterii optime a posturilor de transformare

În conformitate cu „Normativul" privind comparațiile tehnico-economice în domeniul lucrărilor energetice elaborat de I.S.P.E.-București în luna februarie 1959, la compararea mai multor soluții se consideră ca soluție optimă din punct de vedere tehnico-economic acea soluție pentru care expresia :

$$C_{ot} = C_i + \sum_{n=1}^{t_r} C_{an} \qquad (1)$$

are valoarea minimă

În relația de mai sus (1) :

C_{ot} reprezintă cheltuielile totale în obiectul proiectat într-o perioadă de t_r ani de la intrarea în funcțiune ;

C_i — cheltuielile de investiție totale pentru realizarea obiectului proiectat ;

$\sum_{n=1}^{t_r} C_{an}$ suma cheltuielilor anuale totale în primii t_r ani de funcționare a obiectului studiat ;

t_r — timpul de recuperare.

După cum s-a arătat în capitolul introductiv, complexul de instalații de distribuție cuprinde trei elemente constitutive :

1) rețeaua de joasă tensiune ;

2) posturile de transformare ;

3) rețeaua de medie tensiune.

Pentru fiecare din aceste elemente ale rețelei de distribuție atît cheltuielile de investiție cît și cheltuielile anuale pot fi exprimate în funcție de puterea postului de transformare (S_{pt}), astfel încît se pot scrie relațiile generale :

$$C_i = f_1(S_{pt}) \qquad (2)$$

$$\sum_{n=1}^{t_r} C_{an} = f_2(S_p). \qquad (2')$$

Rezultă că și cheltuielile totale sînt funcție de puterea S_{pt} a postului de transformare, și deci :

$$C_{ot} = f(S_{pt}). \qquad (3)$$

În acest caz, puterea optimă a puterii postului de transformare se determină din condiția de minimum a funcției

$$C_{tot} = f(S_{pt})$$

$$\frac{dC_{ot}}{dS_{pt}} = \frac{f(S_{pt})}{dS_{pt}} = \frac{dCi}{dS_{pt}} + \sum_{n=1}^{t_r} \frac{C_{an}}{dS_{pt}} = 0. \qquad (3')$$

2. Premise de calcul

2.1. *Relații de dependență a costurilor investițiilor în instalațiile rețelei de distribuție, în funcție de elementele variabile corespunzătoare.* Pentru stabilirea expresiei investițiilor directe este necesar să se exprime legea de variație a costului investițiilor în liniile de joasă și medie tensiune și în posturile de transformare în funcție de secțiunea conductoarelor și respectiv de puterea posturilor de transformare.

Pe baza indicilor existenți se constată că aceste dependențe pot fi exprimate atît în cazul liniilor de joasă și medie tensiune, cît și în cazul posturilor de transformare prin relații liniare a căror expresie este

$$C_{i1d} = C_1 \cdot s + C_{01} \qquad (4)$$

$$C_{i2d} = C_2 \cdot S_{pt} + C_{02} \qquad (5)$$

$$C_{i3d} = C_3 \cdot s' + C_{03} \qquad (6)$$

în care :

C_{i1d} și C_{i3d} reprezintă investițiile directe în liniile de joasă și respectiv de medie tensiune, exprimată în lei/m ;

C_{i2d} — idem posturile de transformare, lei ;

C_1 și C_3 — coeficienți constanți care indică variația cheltuielilor de investiție în funcție de secțiunea conductoarelor, în lei/mm²m ;

C_2 — idem în funcție de puterea postului, lei/kVA ;

C_{01} și C_{03} — indică partea din cheltuielile de investiții care nu depinde de secțiunea conductoarelor lei/m ;

C_{02} — idem față de puterea postului de transformare, lei ;

s și s' — secțiunea conductoarelor de joasă și respectiv medie tensiune, în mm² ;

S_{pt} — puterea postului de transformare, în kVA.

Pentru concluziile acestei lucrări, așa cum se va arăta, interesează numai valorile coeficienților C_1 și C_{02}.

În tabela 1 se indică valorile coeficienților C_1 pentru diferite construcții de linii, determinate pe baza indicilor de cost din cataloagele de prețuri.

Tabela 1

Valorile coeficienților C_1

Nr. crt.	Felul liniei	C_1, lei/ mm²m
1	Linie aeriană de joasă tensiune echipată cu 6 + 1 conductoare funie	
	aluminiu	0,232
	cupru	0,525
	oțel zincat	0,245
2	Linie aeriană de joasă tensiune echipată cu 3 + 1 conductoare funie	
	aluminiu	0,257
	cupru	0,58
	oțel zincat	0,272
3	Linie subterană de joasă tensiune cu cablu de 1 kV cu 3 + 1 conductoare	
	aluminiu	0,800
	cupru	1,200

În tabela 2 se indică valorile coeficientului C_{02} pentru diferite tipuri de posturi de transformare proiectate de I.S.P.E.

Tabela 2

Valorile coeficienților C_{02}

Nr. crt.	Tipul și construcția postului de transformare (P.T.)	C_{02}, lei
1	P.T. pe stîlp de lemn sau beton de 6/0,4 kV	37 000
2	de 15/04 kV	37 000
	P.T. în cabină de zidărie de 6/0,4 kV echipate cu un transformator cu alimentare aeriană	54 000
	sau subterană	33 000
3	cu alimentare subterană cu siguranță	
	P.T. în cabină de zidărie de 6/0,4 kV echipate cu două transformatoare	100 000
	cu alimentare aeriană	93 000
	cu alimentare subterană	

2.2. *Dependența sarcinilor liniilor de joasă și medie tensiune funcție de puterea postului de transformare.* Dacă se notează cu S_{pt} (kVA) puterea postului de transformare care alimentează m linii de joasă tensiune, de lungime L (metri), cu o sarcină uniform distribuită δ (kVA/m), se poate scrie următoarea relație:

$$S_{pt} = \frac{m}{k_{tr}} L \cdot \delta \qquad (7)$$

În relația (7):

$$k_{tr} = k_{ss} \cdot k_i$$

în care: k_{ss} este coeficientul de suprasarcină a transformatorului;

k_i — coeficientul care indică încărcarea transformatorului în perioada pentru care se calculează cheltuielile anuale medii.

Sarcina liniei de medie tensiune (S') care alimentează n posturi de transformare de aceeași putere S_{pt} este:

$$S' = k_s \cdot n \cdot k_{tr} \, S_{pt} \qquad (8)$$

unde k_s este coeficientul de simultaneitate al încărcării transformatoarelor.

2.3. *Dimensionarea conductoarelor.* Considerînd că rețeaua de joasă tensiune se dimensionează la căderea admisibilă de tensiune și făcînd aproximația că pentru consumatorii de iluminat și utilizări casnice, iluminat public și general, $\cos \varphi \simeq 1$, expresia secțiunii conductoarelor este:

$$s = \frac{k_{tr}^2 \cdot S_{pt}^2 \cdot 10^5}{2 \cdot m^2 \cdot \gamma \cdot U^2 \cdot \Delta U\% \, \delta} \qquad (9)$$

în care: γ este conductibilitatea electrică a materialului conductoarelor rețelei de joasă tensiune, în m/Ω mm²;

U — tensiunea catenară a rețelei de joasă tensiune în volți;

$\Delta U^0/_0$ — căderea admisibilă de tensiune în procente.

Secțiunea liniei de medie tensiune care alimentează n posturi de transformare se determină pe baza densității economice de curent și are expresia:

$$s' = \frac{k_m \cdot n \cdot S_{pt} \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot U' \cdot k_d \cdot j} \qquad (10)$$

în care:

U' este tensiunea catenară a liniei de medie tensiune, în V;

j — densitatea economică de curent, în A/mm²;

k_d — coeficientul care indică creșterea densității economice de curent datorită distributivității sarcinii pe linia de medie tensiune. $k_m = k_{tr} \cdot k_s$

2.4. *Expresia pierderilor de putere în elementele rețelei de distribuție.*

2.4.1. Rețeaua de joasă tensiune. Expresia pierderilor de putere în linia ax de joasă tensiune, cu o sarcină uniform distribuită δ (kVA/m) în funcție de puterea postului de transformare S_{pt}, este

$$\Delta P_1 = \frac{k_{tr}^2 \cdot S_{pt}^2 \cdot L}{3m^2 \cdot \gamma \cdot s \cdot U^2} 10^3 \qquad (11)$$

în care înlocuind s prin expresia din relația (9) se obține,

$$\Delta P_1 = \frac{2}{3} L \cdot \delta \cdot \Delta U\% \cdot 10^{-2} \qquad (12)$$

2.4.2. Posturile de transformare. Trasînd curbele de variație a pierderilor de putere la funcționarea în gol și în scurtcircuit în funcție de puterea transformatoarelor (în limitele 50÷560 KVA), se constată o variație liniară care poate fi exprimată astfel:

$$\Delta P_{fe} = P_{fe} \cdot S_{pt} + P_{0fe} \cdot n_t \qquad (13)$$

$$\Delta P_{sc} = P_{sc} \cdot S_{pt} + P_{0sc} \cdot n_t, \qquad (14)$$

în care:

P_{fe} sînt pierderile de putere la funcționarea în gol a transformatorului, în kW;

P_{sc} — pierderile de putere la funcționarea în scurtcircuit în kW;

P_{fe} și P_{sc} — coeficienți constanți care indică variația pierderilor de putere în funcție de puterea transformatorului, în kW/kVA;

P_{0fe} și P_{0sc} — coeficienți constanți care indică partea de pierderi ce nu depinde de puterea transformatorului, în kW;

n_t — numărul transformatoarelor instalate în postul de transformare.

Din relațiile (13) și (14) rezultă expresia generală a pierderilor de putere în transformatoarele instalate în posturile de transformare.

$$\Delta P_2 = (P_{fe} + k_i^2 \, P_{sc}) \, S_{pt} + n_t \, (P_{0fe} + P_{0sc}), \qquad (15)$$

în care k_i este coeficientul de încărcare al transformatoarelor în perioada de referință a calculelor.

În fig. 1 sînt reprezentate curbele de variaţie a pierderilor la funcţionarea în gol şi în scurtcircuit a transformatoarelor cu înfăşurări de cupru, în limitele 50 ÷ 560 kVA.

În lucrare nu interesează decît coeficienţii P_{0fe} şi P_{osc}, ale căror valori se indică în fig. 1 ($P_{ofe} = 0{,}18$ kW $P_{o.c} = 0{,}4$ kW). Trasarea curbelor de variaţie în cazul transformatoarelor cu înfăşurări de aluminiu conduce la aceleaşi valori.

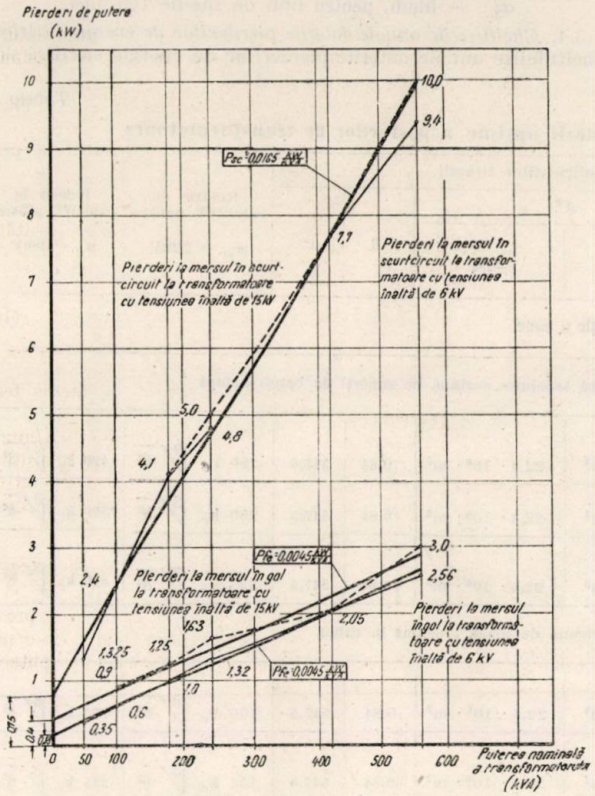


Fig. 1. Variaţia pierderilor de putere la funcţionarea în scurtcircuit şi la funcţionarea în gol, pentru transformatoare de 6/0,4 kV şi 15/0,4 kV, cu înfăşurări de cupru (după catalog Electroputere).

2.4.3. Reţeaua de medie tensiune. Considerînd că sarcinile celor n posturi de transformare reprezintă sarcini uniform distribuite, se poate scrie următoarea expresie pentru pierderile de putere în linia de medie tensiune :

$$\Delta P_3 = \frac{2}{3} k_m \cdot n \cdot S_{pt} \cdot \Delta U'\% \cdot 10^{-2} \qquad (16)$$

2.5. *Relaţia de dependenţă între numărul posturilor de transformare racordate la o linie de medie tensiune şi puterea posturilor de transformare.* În stabilirea expresiei investiţiilor totale directe interesează expresia funcţiei de dependenţă între numărul de posturi de transformare şi puterea posturilor de transformare racordate la reţeaua de medie tensiune.

Se face aproximaţia suficient de apropiată de realitate exprimată prin relaţia (17) :

$$n = \frac{L'}{2L}, \qquad (17)$$

în care L' reprezintă lungimea liniei de medie tensiune care alimentează cele n posturi de transformare, iar L lungimea liniei (magistrale) de joasă tensiune.

Considerîndu-se că lungimea liniei de medie tensiune este determinată de căderea de tensiune la vîrful de sarcină pentru cele n posturi de transformare şi făcînd aproximaţia pentru reţeaua de medie tensiune (cu o eroare mai mare decît la reţeaua de joasă tensiune) că $\cos \varphi \simeq 1$, rezultă pentru L' expresia

$$L' = \frac{2\gamma' \cdot U' \cdot \Delta U'\% \cdot \delta}{\sqrt{3} \cdot k_d \cdot j.} 10^{-2}, \qquad (18)$$

în care :

U' este tensiunea catenară a liniei de medie tensiune, în V ;
$\Delta U'\%$ — căderea admisibilă de tensiune, în % ;
γ' — conductibilitatea electrică a materialului conductoarelor liniei de medie tensiune în $m/\Omega.mm^2$.

Înlocuind L şi L' cu expresiile din relaţiile (4) şi (9), rezultă pentru n expresia :

$$n = \frac{m \cdot \gamma' \cdot U' \cdot \Delta U\% \cdot \delta}{\sqrt{3}\, k_{tr} \cdot k_d \cdot j \cdot S_{pt}} 10^{-2} \qquad (19)$$

3. Stabilirea expresiei generale a costului investiţiilor şi cheltuielilor anuale

3.1. *Investiţii directe.* Investiţiile directe sînt constituite din investiţiile necesare realizării reţelei de joasă tensiune de lungime L', celor n posturi de transformare de putere S_{pt} racordate la linia de medie tensiune şi reţelei de joasă tensiune şi are următoarea expresie :

$$C_{id} = (C_1 s + C_{01}) Lmn + (C_2 \cdot S_{pt} + C_{02}) n + (C_3 s' + C_{03}) L. \qquad (20)$$

Raportînd la lungimea totală a liniei de joasă tensiune şi înlocuind s, s' şi n prin expresiile din relaţiile (9), (10) şi (19) se obţine expresia investiţiilor directe pe unitatea de lungime de reţea de joasă tensiune, în funcţie de puterea postului de transformare :

$$c_{id} = \frac{C_1 \cdot k_{tr}^2 \cdot 10^5}{2m^2 \cdot \gamma \cdot U^2 \cdot \Delta U\% \cdot \delta} S_{pt}^2 + \frac{C_{02} \cdot \delta}{k_{tr}} \cdot \frac{1}{S_{pt}} +$$

$$+ \frac{2 C_3 \cdot k_m\ \gamma' \cdot \Delta U'\%\ \delta}{\sqrt{3} \cdot k_d^2 \cdot j \cdot k_{tr}} + C_{01} + \frac{C_2 \cdot \delta}{k_{tr}} + 2 \frac{C_{03}}{m}. \qquad (21)$$

3.2. *Investiţiile indirecte.* Investiţiile totale indirecte sînt constituite din investiţiile suplimentare necesare instalării în centralele sistemului a puterii de compensare a pierderilor de putere în reţeaua de medie şi joasă tensiune, precum şi în transformatoarele instalate în posturile de transformare şi au expresia indicată mai jos :

$$C_{is} = (\Delta P_1 \cdot m \cdot n + \Delta P_2 \cdot n + \Delta P_3) k_p \cdot c_p \qquad (22)$$

în care :

c_p este costul kW-ului instalat în centralele sistemului, lei/kW ;
k_p — coeficientul de participare al pierderilor în reţele la vîrful de sarcină al sistemului.

Înlocuind ΔP_1, ΔP_2 şi ΔP_3 prin expresiile din relaţiile (12), (15) şi (16) şi raportînd la unitatea de lungime de reţea de joasă tensiune, se obţine :

$$c_{is} = \left[\frac{2\delta}{3k_{tr}} (k_s^2 \cdot k_{tr} \cdot \Delta U\% + k_m \cdot \Delta U'\%) 10^{-2} + \right.$$

$$\left. + \frac{\delta}{k_{tr}} (P_{fe} + k_s^2 \cdot k_i^2 \cdot P_{sc}) + \frac{n_t \cdot \delta}{k_{tr}} (P_{0fe} + P_{0sc}) \frac{1}{S_{pt}} \right] k_p \cdot c_p. \qquad (23)$$

3.3. *Cheltuieli anuale datorite alocaţiilor pentru amortizări, reparaţii capitale şi întreţinere.* Cheltuielile anuale datorite alocaţiilor pentru amortizări, reparaţii capitale şi întreţinere se determină prin aplicarea cotelor corespunzătoare la costurile investiţiilor redate în expresia (20). Făcînd raportarea la unitatea de reţea de joasă tensiune şi prin efectuarea înlocuirilor

pentru s, s' și n, se obține expresia următoare pentru cheltuielile anuale datorite alocațiilor anuale :

$$c_{aa} = \frac{a_1 \cdot C_1 \cdot k_{tr}^2 \cdot 10^5}{2m^2 \cdot \gamma \cdot U^2 \cdot U\% \cdot \delta} S_{pt}^2 + \frac{a_2 \cdot C_{02} \cdot \delta}{k_{tr}} \cdot \frac{1}{S_{pt}} + \frac{2a_3 \cdot C_3 \; k_m \cdot \gamma' \cdot \Delta U'\%}{3.k_d^2 \cdot j \cdot k_{tr}} + a_1 \cdot C_{01} + \frac{a_2 \cdot C_2 \cdot \delta}{k_{tr}} + \frac{2a_3 \cdot C_{03}}{m} \quad (24)$$

în care :

a_1 este cota de amortizare, reparații și întreținere pentru liniile de joasă tensiune exprimată în unități ;

a_2 — idem, pentru posturi de transformare ;

a_3 — idem, pentru linii de medie tensiune.

3.4. *Cheltuielile anuale datorite pierderilor de energie electrică.* Cheltuielile anuale datorite pierderilor de energie electrică sînt

Tabela 3

Relații simplificate de calcul pentru determinarea puterii optime a posturilor de transformatoare

Nr. crt.	Tipul postului de transformare	Materialul conductoarelor liniei de joasă tensiune	Valorile coeficienților literali						Relația de calcul** pentru $u_{jt} = 220$V	Relația de calcul** pentru $u_{jt} = 380$V
			C_1 (lei/mm².m)	C_{02} (lei)	A*) A_{220}	A*) A_{380}	B	C		
	I. Rețele de distribuție urbane									
	a) Rețeaua de medie tensiune în cablu : rețeaua de joasă tensiune, aeriană pe suporți de beton armat									
1	Post de transformare 6/0,4 kV, în cabină de zidărie, echipat cu un transformator	Al	0,24	54 000	$7,5 \cdot 10^6 \cdot m^2$	$22,4 \cdot 10^6 \cdot m^2$	0,84	547,5	$290\ k_c \sqrt[3]{\delta^2}$	$420\ k_c \sqrt[3]{\delta^2}$
2	Post de transf. 6/0,4 kV, cu alimentare subterană cu siguranță	Al	0,24	33 000	$7,5 \cdot 10^6 \cdot m^2$	$22,4 \cdot 10^6 \cdot m^2$	0,84	547,5	$250\ k_c \sqrt[3]{\delta^2}$	$360\ k_c \sqrt[3]{\delta^2}$
3	Post de transf. 6/0,4 kV, în cabină de zidărie, echipat cu două transformatoare	Al	0,24	96 500	$7,5 \cdot 10^6 \cdot m^2$	$22,4 \cdot 10^6 \cdot m^2$	0,84	547,5	$355\ k_c \sqrt[3]{\delta^2}$	$510\ k_c \sqrt[3]{\delta^2}$
	b) Rețeaua de medie tensiune în cablu : rețeaua de joasă tensiune în cablu									
4	Post de transformare 6/0,4 kV, în cabină de zidărie, echipat cu un transformator	Al	0,8	54 000	$7,5 \cdot 10^6 \cdot m^2$	$22,4 \cdot 10^6 \cdot m^2$	0,84	547,5	$190\ k_c \sqrt[3]{\delta^2}$	$275\ k_c \sqrt[3]{\delta^2}$
5	Post de transformare 6/0,4kV, cu alimentare subterană cu siguranță	Al	0,8	33 000	$7,5 \cdot 10^6 \cdot m^2$	$22,4 \cdot 10^6 \cdot m^2$	0,84	547,5	$165\ k_c \sqrt[3]{\delta^2}$	$235\ k_c \sqrt[3]{\delta^2}$
6	Post de transf. 6/0,4 kV, în cabină de zidărie, echipat cu două transformatoare	Al	0,8	96 500	$7,5 \cdot 10^6 \cdot m^2$	$22,4 \cdot 10^6 \cdot m^2$	1,04	547,5	$230\ k_c \sqrt[3]{\delta^2}$	$335\ k_c \sqrt[3]{\delta^2}$
	II. Rețele de distribuție rurale									
	a) Rețeaua de medie tensiune de 15 kV pe suporți de beton : rețeaua de joasă tensiune pe suporți de beton									
7	Post de transformare de 15/0,4/0,22/kV pe stîlpi de lemn sau de beton	Al	0,24	37 000	$7,5.10^6.m^2$	$22,4.10^6.m^2$	1,04	650,0	$260\ k_c \sqrt[3]{\delta^2}$	$375\ k_c \sqrt[3]{\delta^2}$
		Ol	0,26	37 000	$0,945 \cdot 10^6 \cdot m^2$	$2,82.10^6.m^2$	1,04	650,0	$250\ k_c \sqrt[3]{\delta^2}$	$360\ k_c \sqrt[3]{\delta^2}$
	b) Rețeaua de medie tensiune de 15 kV pe suporți de beton : rețeaua de joasă tensiune pe suporți de beton									
8	Post de transformare de 15/0,4/0,22/kV, pe stîlpi de lemn sau beton	Al	0,24	37 000	$7,5 \cdot 10^6 \cdot m^2$	$22,4 \cdot 10^6 \cdot m^2$	1,04	650,0	$230\ k_c \sqrt[3]{\delta^2}$	$330\ k_c \sqrt[3]{\delta^2}$
		Ol	0,26	37 000	$0,945 \cdot 10^6 \cdot m^2$	$2,82 \cdot 10^6 \cdot m^2$	1,04	650,0	$225\ k_c \sqrt[3]{\delta^2}$	$320\ k_c \sqrt[3]{\delta^2}$
	c) Rețeaua de medie tensiune de 6 kV pe suporți de beton : rețeaua de joasă tensiune pe suporți de beton									
9	Post de transformare de 16/0,4 (0,22)kV, pe stîlpi de lemn sau de beton	Al	0,24	37 000	$7,5 \cdot 10^6 \cdot m^2$	$22,4 \cdot 10^6 \cdot m^2$	0,84	457,5	$260\ k_c \sqrt[3]{\delta^2}$	$375\ k_c \sqrt[3]{\delta^2}$
		Ol	0,26	37 000	$0,945 \cdot 10^6 \cdot m^2$	$2,82 \cdot 10^6 \cdot m^2$	0,84	457,5	$250\ k_c \sqrt[3]{\delta^2}$	$360\ k_c \sqrt[3]{\delta^2}$
	d) Rețeaua de medie tensiune de 6 kV pe suporți de beton : rețeaua de joasă tensiune pe suporți de lemn									
10	Post de transformare de 16/0,4 (0,22)kV. pe stîlpi de lemn sau de beton	Al	0,24	37 000	$7,5 \cdot 10^6 \cdot m^2$	$22,4 \cdot 10^6 \cdot m^2$	0,84	457,5	$230\ k_c \sqrt[3]{\delta^2}$	$330\ k_c \sqrt[3]{\delta^2}$
		Ol	0,26	37 000	$0,945 \cdot 10^6 \cdot m^2$	$2,82 \cdot 10^6 \cdot m^2$	0,84	457,5	$225\ k_c \sqrt[3]{\delta^2}$	$320\ k_c \sqrt[3]{\delta^2}$

*) Coeficientul A este calculat în două ipoteze : A_{220} — tensiunea între faze a liniei de joasă tensiune este 220 V ; A_{380} — tensiunea între faze a liniei de joasă tensiune este 380 V

**) Coeficientul k_c, din relația de calcul are expresia : $k_c = \sqrt[3]{m^2}$ în care m reprezintă numărul plecărilor din postul de transformare.

constituite din trei componente, corespunzătoare celor trei elemente ale rețelei de distribuție, și au expresia :

$$C_{ap} = (\Delta E_1 \cdot m \cdot n + \Delta E_2 \cdot n + \Delta E_3)\, c_e \qquad (25)$$

în care :

ΔE_1 sînt pierderile de energie electrică în rețeaua de joasă tensiune ce se alimentează de la un post de transformare, kWh ;

ΔE_2 — pierderile de energie electrică în kWh corespunzătoare unui post de transformare ;

ΔE_3 — pierderile de energie electrică în rețeaua de medie tensiune, în kWh ;

c_e — prețul de cost mediu al energiei produse în sistem lei/kWh.

Ținînd seama de expresiile obținute pentru pierderile de putere și raportînd cheltuielile anuale la unitatea de lungime de rețea de joasă tensiune, se obține :

$$c_{ap} = \left[\frac{2}{3}\frac{\delta}{k_{tr}}\tau\,(k_r \cdot \Delta U\% + k_m \cdot \Delta U'\%)\,10^{-2} + \right.$$

$$+ \frac{\delta}{k_r}\,(8\,760\,P_{fe} + \tau \cdot k_i^2\,P_{sc}) + \frac{n_t \cdot \delta}{k_{tr}} + (8\,760\,P_{0fe} +$$

$$\left. + \tau\,P_{0sc})\frac{1}{S_{pt}}\right] c_e \qquad (26)$$

în care :

τ reprezintă timpul de pierderi corespunzător pierderilor în elementele conductoare, h ;

8 760 — timpul de pierderi corespunzător pierderilor la funcționarea în gol a transformatoarelor, h.

4. Stabilirea relației generale pentru calculul puterii optime a posturilor de transformare

Considerînd un an intermediar pentru calculul pierderilor de energie electrică, relația de bază de la care s-a pornit (1), devine :

$$c_{tot} = c_i + t_r \cdot c_a \qquad (27)$$

sau

$$c_{tot} = c_{id} + c_{is} + (c_{aa} + c_{ap}) \cdot t_r \qquad (28)$$

Întrucît c_{id}, c_{is}, c_{aa} și c_{ap} au fost exprimate în funcție de puterea postului de transformare, puterea optimă a postului de transformare se determină din condiția de minimum a relației 28,

$$\frac{\mathrm{d}\cdot C_{tot}}{\mathrm{d}\,S_{pt}} = \frac{\mathrm{d}(c_{id} + c_{is})}{\mathrm{d}\,S_{pt}} + t_r\,\frac{\mathrm{d}\,(c_{aa} + c_{ap})}{\mathrm{d}\,S_{pt}} = 0 \qquad (29)$$

Diferențiind expresiile pentru c_{id}, c_{is}, c_{aa} și c_{ap} și înlocuindu-le în relația (29), se obține :

$$\frac{C_1 \cdot k_{tr} \cdot 10^5}{A \cdot \delta}(1 + a_1 \cdot t_r)\,S_{pt} - \frac{\delta}{k_{tr} \cdot S_{pt}^2}\,[C_{02}(1 +$$

$$+ a_2 \cdot t_r) + c_p \cdot B + t_r \cdot c_e \cdot C] = 0 \qquad (30)$$

în care :

$$A = m^2 \cdot \gamma \cdot U^2 \cdot \Delta U\%$$

$$B = n_t \cdot k_p\,(P_{0fe} + P_{0sc})$$

$$C = n_t\,(8760\,P_{0fe} + \tau \cdot k_i \cdot P_{0sc})$$

Din relația (30) se obține relația generală de calcul a puterii optime a posturilor de transformare :

$$S_{pt} = \sqrt[3]{\frac{A\delta^2\,[C_{02}(1 + a_2 \cdot t_r) + c_p \cdot B + t_r \cdot c_e \cdot C]}{C_1 \cdot k_{tr}^3\,(1 + a_1 \cdot t_r)\,10^5}} \qquad (31)$$

După cum se poate observa din relația (31), puterea optimă a posturilor de transformare nu depinde de indicii tehnico-economici ai liniilor de medie tensiune.

Pentru o utilizare comodă a relației generale de calcul a puterii optime a posturilor de transformare, s-au calculat coeficienții A, B și C pentru diferitele cazuri de realizare a posturilor de transformare și rețelelor de joasă tensiune.

În tabela 3 relația de calcul s-a pus sub forma simplificată

$$S_{opt} = k\sqrt[3]{m^2}\,\sqrt[3]{\delta^2}\,,$$

în care k a fost calculat în funcție de valorile coeficienților literali A, B și C pentru cazul concret în care se efectuează calculele.

Pentru aplicarea relațiilor simplificate de calcul se încadrează cazul studiat într-unul din cazurile indicate în tabela 3 și înlocuind valoarea lui δ în kW (kVA)/m se obține, după efectuarea calculelor, puterea optimă a postului de transformare.

Puterea calculată se aproximează prin lipsă sau exces la valorile standardizate ale transformatoarelor.

Deși prin elaborarea acestei metodologii de calcul a puterii optime a posturilor de transformare problema proiectării complexe a rețelelor de distribuție nu este complet rezolvată, ea constituie un îndrumar practic util la întocmirea studiilor generale de sistematizare a rețelelor urbane, cît și la construcția sau reconstrucția unor sectoare ale rețelelor de distribuție rurale și urbane.

Bibliografie

[1] Aizenberg B. L. : *Rețele buclate închise fără automate de rețea*, (traducere din limba rusă).

[2] Aizenberg B. L,. Voloțkoi N. V., Ivanenkov M. N., Kamenskii M. D., Kezevici V. V., Medvedski N. I., : *Rețele electrice urbane* (Lb. rusă) Editura Energetică de Stat Moscova, 1958.

[3] Aizenberg B. L., Dmitriev V. M., Constantinov B. A., Nikogosov S. N., : *„Principiile construcției raționale a rețelelor urbane de înaltă, medie și joasă tensiune"* Articol apărut în culegerea de articole *„Problemele dezvoltării sistemelor energetice și construcției rețelelor electrice"* Editura Universității din Leningrad 1957 (Lb. rusă).

[4] Goghiciasvili P. F. : *Despre metodica calculului rețelelor de distribuție urbană.* Articol apărut în revista Electricestvo nr. 7 (1956), pag. 43.

[5] Kozlov V. A. : *Metodica calculelor tehnico-economice pentru rețelele de distribuție urbană* (Lb. rusă), Editura Energetică de Stat, Moscova 1958.

[6] Tadeusz Kahl: *Indicații pentru proiectarea rețelelor urbane de medie tensiune.* Traducere din revista : Przeglad Electrotechniczny nr. 11 (1954), pag. 468—473.

Concepţii de proiectare ale noului punct de dispecer naţional

Ing. *SUZETTE MARCU*

I. În ultimii ani, dezvoltarea rapidă a centralelor şi reţelelor electrice din ţara noastră odată cu legarea celor mai importante unităţi energetice într-un sistem unic naţional a condus încă din anul 1954 la necesitatea creării unui organ central de comandă, care să coordoneze şi să controleze funcţionarea întregului sistem energetic. În acest scop a fost creat serviciul de dispecer naţional, pentru care s-a amenajat în acelaşi an, în clădirea fostului Minister al Energiei Electrice, o încăpere specială, utilată cu mijloacele ce le aveam la dispoziţie la acea dată.

Din anul 1954 pînă în prezent sistemul nostru energetic s-a dezvoltat în continuare într-un ritm foarte rapid, necesitînd o utilare mult mai completă a punctului central de comandă. În acest interval de timp, tehnica aparatajului a progresat, punînd astăzi la dispoziţie mijloace de comunicaţie mult mai avantajoase din punct de vedere tehnico-economic. Experienţa de exploatare a tipurilor de panou cu reprezentarea sistemului printr-o schemă sinoptică fixă a dovedit că acest tip este incomod, întrucît modificarea schemei în legătură cu dezvoltarea sistemului este foarte dificilă. De aceea, la camerele de dispecer noi, utilate în diferite ţări, s-au căutat soluţii mai elastice pentru schema sinoptică a sistemului. Amenajarea unui nou punct de dispecer utilat cu mijloacele tehnice moderne a făcut obiectul unui studiu întocmit în anul 1959 de către ISPE, în colaborare cu serviciul de dispecer naţional. Soluţiile preconizate în acest studiu corespund perspectivei de dezvoltare probabilă a sistemului energetic în următorii 15 ani. S-a luat în considerare această perioadă de timp pe baza experienţei altor ţări, în care s-a ajuns la concluzia că într-un astfel de interval progresează atît aparatajul, cît şi concepţiile de proiectare, fiind necesară reutilarea camerei de dispecer.

Amplasamentul dispecerului naţional s-a ales în capitală, pentru a fi mai aproape de conducerea administrativă, Direcţia Generală a Energiei Electrice. Din punct de vedere al căilor de comunicaţii, acest amplasament este convenabil, dat fiindcă Bucureştiul este un centru energetic important, cu perspectivă de dezvoltare în următorii ani, la care concură linii de înaltă tensiune din întreaga ţară; de asemenea, oraşul are o reţea dezvoltată de cable telefonice, aparţinînd DGEE sau MPT. S-a considerat că este bine ca dispecerul naţional să fie amplasat într-o clădire energetică şi nu administrativă, întrucît acestea îşi pot schimba destinaţia, alegîndu-se una din staţiile de transformare din Capitală.

II. Volumul de telemecanizare al punctului de dispecer naţional s-a ales corespunzător cu organizarea serviciului de dispecer la noi în ţară, care cuprinde două trepte:

1) dispecerul naţional;

2) dispeceri locali sau inginerii de serviciu ai centralelor mari, subordonate direct dispecerului naţional.

În perioada de timp considerată vor fi subordonate direct dispecerului naţional toate centralele a căror putere depăşeşte 100 MW.

Îndeplinirea funcţiunilor dispecerului de coordonare a întregului sistem presupune o legătură directă, rapidă şi sigură cu toate unităţile energetice subordonate, prin intermediul căreia dispecerul poate primi informaţiile necesare şi poate transmite dispoziţiile corespunzătoare. Legăturile telefonice reprezintă mijlocul absolut necesar al comunicaţiilor de dispecer, activitatea dispecerului fiind imposibilă în lipsa acestora. Dezvoltarea sistemului energetic comandat duce la necesitatea completării legăturilor telefonice cu altele mai eficace, care să poată informa rapid dispecerul asupra oricăror modificări intervenite în funcţionarea sistemului sau a oricărei tendinţe de deviere de la regimul normal de funcţionare. De asemenea, în unele ocazii dispecerul trebuie să aibă posibilitatea de a interveni direct pentru modificarea regimului sistemului. Această necesitate a condus la introducerea aparatajului de telemecanică cuprinzînd:

a) dispozitive de telemăsură pentru transmiterea la distanţă a valorii parametrilor principali ce caracterizează funcţionarea sistemului energetic;

b) dispozitive de telesemnalizare, pentru comunicarea la distanţă a poziţiei utilajului de comutaţie şi a aparatajului de reglaj, cît şi a oricărei modificări intervenite în schema sistemului;

c) dispozitive de telecomandă, pentru comanda nemijlocită a modificării poziţiei utilajului sau stării agregatelor, aflate în orice punct din reţea.

Introducerea aparatajului de telemecanică la punctele de dispecer aduce următoarele avantaje în munca operativă:

1) urmărirea permanentă a funcţionării întregului sistem şi a valorii parametrilor caracteristici;

2) observarea rapidă a tendinţei de modificare a regimului de funcţionare, prin devierea parametrilor de la valorile impuse ceea ce permite de multe ori prevenirea avariilor;

3) informarea rapidă asupra producerii unei avarii, cît şi stabilirea rapidă a locului şi cauzelor ei, ceea ce permite localizarea şi lichidarea rapidă a avariilor produse.

Alegerea raţională a volumului de telemecanică reprezintă una din problemele cele mai importante ale proiectării punctului de dispecer. Volumul ales trebuie să fie suficient pentru o informare cît mai rapidă şi exactă a dispecerului. În acelaşi timp, acest volum trebuie redus la minimum necesar, deoarece prevederea unor comunicaţii care nu sînt absolut necesare, pe lîngă că ar scumpi costul instalaţiilor şi ar complica schema canalelor de legătură, ar îngreuna munca dispecerului prin obligativitatea de a urmări un număr mare de aparate. Din acest considerent se prevede telemăsura continuă numai a acelor parametri, a căror urmărire permanentă este necesară pentru controlul regimului sistemului energetic şi a căror variaţie poate informa din timp asupra producerii unui regim anormal sau a unei avarii. Pentru parametrii care nu necesită un control permanent, s-a prevăzut telemăsura la cerere. În funcţie de canalele existente, din unele puncte se transmite permanent şi valoarea parametrilor prevăzuţi la cerere, dar în camera de dispecer se instalează un număr mai redus de aparate indicatoare, care se conectează la unul din canalele de telemăsură după comanda dispecerului.

Telesemnalizarea poziţiei întrerupătoarelor sau a separatoarelor s-a prevăzut numai pentru acele elemente care influenţează

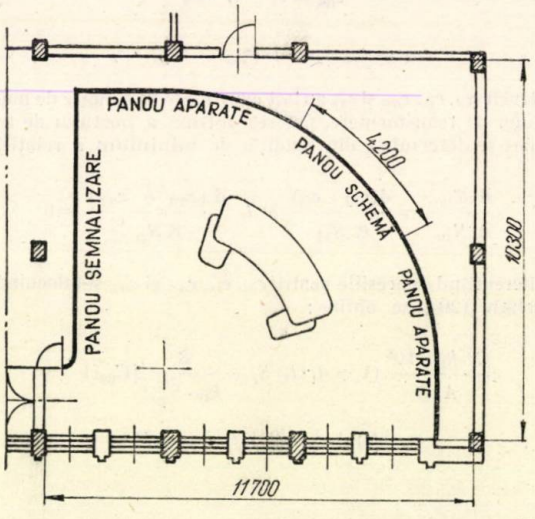


Fig. 1. Amplasarea panourilor în camera de comandă.

schema de comutaţie sau regimul părţii din sistem, ce intră direct în competenţa dispecerului naţional.

Telecomanda se prevede în măsură foarte redusă, numai pentru posibilitatea de introducere rapidă, în caz de deficit în sistem, a unor grupuri hidroelectrice mari, în scopul de a preveni o avarie. Ca mod obişnuit de comandă şi manevră a centralelor hidroelectrice nu se prevede însă telecomanda de la dispecer.

Corespunzător celor expuse, volumul de telemecanizare prevăzut cuprinde :

1. *Telemăsura continuă cu înregistrare* a următorilor parametri :

a) puterea activă totalizată a fiecăreia din centralele subordonate dispecerului național ;

b) puterea activă totalizată a centralelor de importanță locală, însumată la fiecare din punctele de dispecer locale de care aparține ;

c) puterea activă de circulație pe liniile de tensiune nominală mai mare de 110 kV.

d) tensiunea pe barele colectoare ale stațiilor cu tensiune nominală mai mare de 110 kV ;

e) tensiunea în cîteva puncte din rețeaua 110 kV, caracteristice pentru nivelul de tensiune în rețea (pe barele centralelor mari) ;

f) frecvența într-un singur punct din sistemul național, măsurată la punctul de dispecer.

Se prevede de asemenea un aparat înregistrator pentru puterea activă totală produsă pe sistem. Aceasta se obține ca sumă a telemăsurilor de la punctele *a* și *b*, la care se adaugă printr-un dispozitiv manual puterea produsă în centrale de mică importanță, necuprinse în telemăsurile de la puntcul *b*.

În total, pentru o primă etapă, corespunzătoare anului 1965 se prevede un număr de 50 de aparate înregistratoare.

2. *Telemăsura continuă cu indicarea* frecvenței în cîteva puncte din sistem, situate în sectoare care se pot separa la avarii (8 aparate).

3. *Telemăsura la cerere* a următorilor parametri :

a) puterea reactivă totalizată a centralelor hidroelectrice mari ;

b) puterea reactivă de circulație pe linii cu tensiuni mai mari de 110 kV ;

c) puterea activă de circulație a cîtorva linii de 110 kV, de mare transport de energie, care în anumite regimuri se pot supraîncărca.

d) curentul pe cîteva linii de 110 kV ;

e) tensiunea cîtorva bare de 110 kV, caracterizînd nivelul tensiunii din această rețea ;

f) frecvența centralelor electrice mari.

4. *Telesemnalizarea* pentru :

a) toate întreruptoarele rețelelor cu tensiune mai mare de 110 kV ;

b) întreruptoarele tensiunii de 110 kV din stațiile situate pe buclele rețelei de 110 kV ;

c) toate întreruptoarele de 110 kV, cît și întreruptoarele de 35 kV, 10 kV și 6 kV ale blocurilor generatoare și cuplelor din centrale subordonate dispecerului național ;

d) separatoarele de bare, aferente întreruptoarelor telesemnalizate.

5. *Telecomanda*, după cum s-a arătat, s-a prevăzut numai pentru pornirea agregatelor de la centralele hidroelectrice mari, dispecerul avînd posibilitatea de a comanda întregul utilaj de înaltă tensiune de la aceste centrale.

Între dispecerul național și toate punctele de dispecer locale, centrale și stații subordonate dispecerului național, se preconizează legături telefonice duble, directe, prin rețeaua proprie ; pentru centralele principale trebuie să existe posibilitatea de legătură prin trei căi diferite astfel încît să fie asigurată comunicația în orice condiții.

În afară de mijloacele de comunicații arătate, în toate punctele subordonate direct dispecerului se prevăd instalații de teleimprimatoare, cu imprimarea directă pe hîrtie a unui text transmis. Acestea permit transmiterea directă și imediată a dispozițiilor date de către dispecer sau a informațiilor către dispecer.

III. Realizarea legăturilor de telefonie și telemecanică este prevăzută în două moduri :

a) prin circuite fizice în cable subterane pentru centralele și stațiile din raza orașului București, folosind rețeaua de cable telefonice proprii ale IREB ;

b) prin curenți purtători de înaltă frecvență, pe liniile de înaltă tensiune, pentru toare celelalte puncte.

Canalele de înaltă frecvență se realizează prin echipamente de tipul BLU (cu bandă laterală unică), care realizează simultan, prin același echipament, atît legătura telefonică, cît și transmisiile de telemecanică. Cele două sensuri ale legăturilor (dispecer → punct controlat și punct controlat → dispecer) folosesc cîte o bandă laterală, rezultată din modularea și suprimarea frecvenței purtătoare. În acest mod, cele două benzi de transmitere sînt așezate una lîngă alta, ocupînd un interval mic în spațiul de frecvență disponibil, ceea ce permite realizarea unui număr mare de canale de înaltă frecvență. Frecvențele purtătoare sînt cuprinse între 44 și 460 kHz ; lățimea benzii de transmitere într-un sens este de 4 kHz, cuprinzînd : banda de vorbire (300—2 200 Hz), frecvența de apel (120 Hz) și 3—5 transmisii de telemăsură, telecomandă, telesemnalizare sau telegrafie. Mai multe puncte situate pe același traseu al liniilor de înaltă tensiune se leagă pe o magistrală de înaltă frecvență, funcționînd cu aceleași frecvențe purtătoare, selecția făcîndu-se prin dispozitive de automatică, analoage centralelor telefonice automate.

Dacă dintr-un punct sînt necesare mai multe canale de telemăsură decît numărul arătat, se folosește sistemul de *comutare ciclică*, care — cu ajutorul unui dispozitiv electronic pe bază de decatroane — poate transmite pe un singur canal pînă la 38 de mărimi. Timpul de comutare este de maximum 44 s ; cu ajutorul unor elemente de memorie, valoarea măsurată este păstrată în acest interval de timp, astfel încît aparatul indicator are în permanență adusă valoarea mărimii măsurate.

Rețeaua de înaltă frecvență astfel concepută prezintă următoarele avantaje :

a) minim de echipamente necesare, prin transmiterea simultană a convorbirilor telefonice, telemăsurilor, telesemnalizărilor și telegrafiei ;

b) maximum de transmisii posibile în spectrul de frecvență disponibil .

Un dezavantaj al acestei soluții este acela că la defectarea unui echipament nu mai funcționează nici legătura telefonică, nici legăturile de telemecanică, ceea ce nu se întîmplă în cazul echipamentelor de înaltă frecvență separate. După cum s-a arătat însă, pentru fiecare punct există cel puțin două căi de legături telefonice, astfel încît telefonia se restabilește pe calea de rezervă.

IV. Amenajarea camerei de comandă a dispecerului s-a făcut astfel, încît să permită dispecerului o orientare rapidă asupra situației din rețea. Locul de lucru al dispecerului se află la un pupitru, pe care se instalează aparatele de telefon, centralele

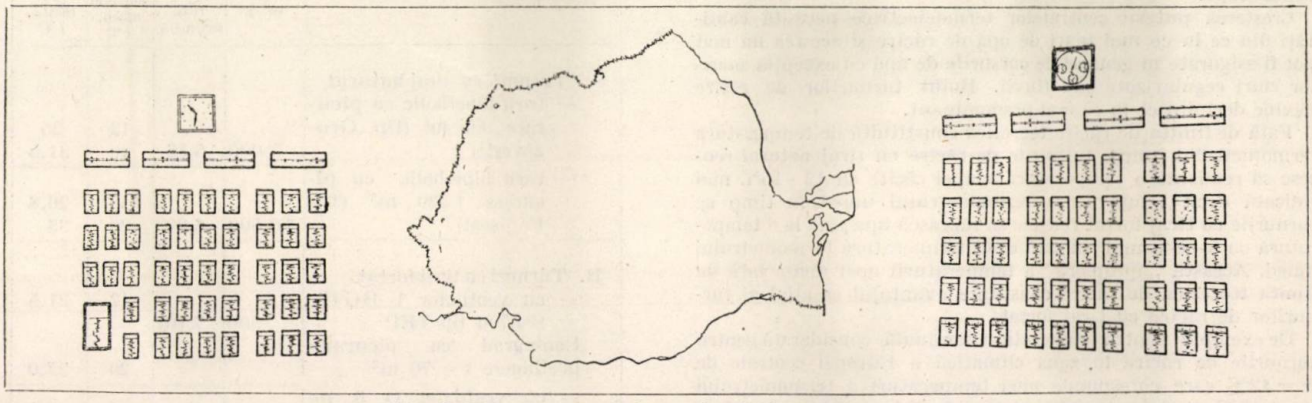


Fig. 2. Vederea panoului cu schemă și aparate.

telefonice manuale şi o serie de aparate de măsură. Pentru ca dispecerul să aibă o situaţie clară a reţelei comandate, se prevede un panou cu schema sinoptică a reţelei respective.

Sistemul obişnuit de reprezentare, în care fiecare staţie sau centrală este figurată cu toate elementele într-un loc pe panou, ce reproduce mai mult sau mai puţin fidel situaţia geografică între obiecte, fiind arătate toate liniile de transport, prezintă următoarele inconveniente :

a) pentru un sistem dezvoltat este complicat şi necesită mult spaţiu ;

b) nu poate urmări dezvoltarea sistemului, deoarece introducerea de noi elemente în staţiile sau centralele existente necesită găurirea panoului, iar introducerea în schemă a unor puncte energetice noi este totdeauna dificilă, presupunînd o nouă repartiţie a spaţiului.

Din considerentele arătate, se propune pentru reprezentarea schemei şi semnalizarea poziţiei aparatajului de comutaţie un sistem original, şi anume :

— Pe un panou central, în faţa pupitrului de dispecer, se reprezintă harta ţării cu casete luminoase, figurînd obiectele energetice controlate de dispecer. Liniile cu tensiune de 110 kV şi mai mult sînt reprezentate prin dungi luminoase, ce leagă între ele casetele, conform schemei sistemului. În mod normal, liniile sub tensiune sînt luminate, de asemenea obiectele energetice. Casetele sînt colorate diferit, reprezentînd centrale hidroelectrice în albastru, centrale termoelectrice — în roşu, iar staţii — în verde. Liniile sînt colorate după tensiuni : 110 kV — galben, 220 kV — albastru, 380 kV — violet. Dispecerul poate să stingă întreaga schemă printr-un comutator.

— Pe un panou lateral se reprezintă schemele detaliate ale fiecărui obiect controlat de dispecer, cu toate elementele telesemnalizate. Schema fiecărui obiect este reprezentată pe o placă, plăcile fiind dispuse una lîngă alta, fără a se figura liniile de legătură între ele. În felul acesta, pe de o parte este necesar un spaţiu mult mai restrîns pentru întreaga schemă, pe de altă parte se pot aduce oricînd modificările cerute de dezvoltarea unei unităţi prin scoaterea plăcii respective, restul schemei rămînînd în funcţiune.

La producerea unei modificări — comandate sau automate — de poziţie a unui întreruptor sau separator telesemnalizat, caseta de pe hartă, corespunzătoare unităţii în care s-a produs modificarea, începe să ardă cu lumina pilpîitoare. Dispecerul, avînd harta în faţă, este imediat avertizat că în instalaţia respectivă s-a produs o modificare. Pe panoul lateral se aprinde în acelaşi timp cu lumină pilpîitoare simbolul aparatului comutat, arătînd ce modificare s-a produs. Pilpîirea casetei şi a lămpii din interiorul simbolului încetează numai după ce dispecerul a luat cunoştinţă de modificarea produsă, anulînd semnalizarea. Deconectarea unei linii este însoţită de pilpîirea simbolului liniei respective.

Dispoziţia panourilor în cameră s-a studiat în mai multe variante, care s-ar reduce la două tipuri :

a) dispoziţia simetrică în formă de potcoavă ;

b) dispoziţia nesimetrică, în formă de arc de cerc.

S-a ales a doua variantă, atît din punct de vedere estetic, cît şi ca posibilitate de urmărire a schemei.

Pentru grupa de regimuri se consideră necesară dotarea dispecerului cu un model de reţea de curent alternativ şi, eventual, cu un calculator digital.

Conform celor expuse, soluţiile preconizate pentru amenajarea dispecerului naţional permit satisfacerea necesităţilor actuale ale dispecerului, fiind suficient de elastice pentru extinderile cerute de dezvoltarea sistemului energetic.

Consideraţii asupra folosirii turnurilor cu tiraj forţat la unele centrale termoelectrice din R. P. R.

Ing. *CORNEL BURDUCEA* şi ing. *COSTIN MOŢOIU*

1. Comparaţie între turnurile cu tiraj forţat şi cele cu tiraj natural

Turnurile cu tiraj forţat au apărut în tehnică între anii 1930—1940 în special în industria chimică pentru ca să asigure în procesele tehnologice nivele de temperaturi mai coborîte decît se pot realiza cu ajutorul turnurilor cu tiraj natural.

După anul 1945, turnurile cu tiraj forţat s-au aplicat pe scară largă şi în energetică şi anume în deosebi la grupurile mari de condensaţie.

Creşterea puterii centralelor termoelectrice necesită cantităţi din ce în ce mai mari de apă de răcire şi acestea nu mai pot fi asigurate în general de cursurile de apă cu excepţia marilor rîuri regularizate sau fluvii. Rolul turnurilor de răcire devine deci din ce în ce mai predominant.

Faţă de limita de răcire teoretică constituită de temperatura termometrului umed, turnurile de răcire cu tiraj natural reuşesc să realizeze o temperatură a apei răcite cu 12—15°C mai ridicată decît temperatura termometrului umed în timp ce turnurile cu tiraj forţat reuşesc să răcească apa pînă la o temperatură cu 5—8°C mai ridicată decît temperatura termometrului umed. Această „apropiere" a temperaturii apei răcite faţă de limita teoretică de răcire constituie avantajul esenţial al turnurilor de răcire cu tiraj forţat.

De exemplu, pentru temperatura nominală considerată pentru turnurile de răcire în zona climatică a Europei centrale de $\tau = 12°C$ care corespunde unei temperaturi a termometrului uscat 15°C şi unei umidităţi relative de 70%, se obţin următoarele performanţe la diferite tipuri de turnuri de răcire indicate în tabela 1.

La temperatura termometrului umed $\tau = 20°C$ care pentru zona climatică din ţara noastră corespunzătoare regiunii de la limita cîmpiei Dunării şi dealuri, (adică de exemplu localităţi ca Borzeşti, Ploieşti) reprezintă o asigurare de circa 95% în anul mijlociu a temperaturii medii zilnice determinate prin trei măsurători, la orele 8, 14, 20, pe perioada de vară turnurile de răcire realizează temperaturile de apă răcită indicate de aseîmenea în tabela 1.

Tabela 1

Temperatura apei răcite pentru un interval de răcire $\Delta t = 10°C$

Tipul turnurilor de răcire	Debit de apă, m^3/h	Încărcarea specifică, $m^3/m^2/h$	Temperatura termometrului umed, τ°C	Temperatura apei răcite, t°C
A. Turnuri cu tiraj natural				
— turn hiperbolic cu picurare 900 m^2 (tip Grozăveşti)	5 000	5,56	12 20	25 31,5
— turn hiperbolic cu picurare 1 520 m^2 (tip Paroşeni)	10 500	6,90	12 20	26,8 33
B. Turnuri cu tiraj forţat				
— cu ventilator 1 BG47, Ø 4,7 m tip TEP Leningrad cu picurare prelingere $s = 70$ m^2	500	7,10	12 20	21,5 27,0
— cu ventilator Ø 6 m $s = 60$ m^2 cu prelingere lemn, tip C.S.R.	500	7,25	12 20	20 25,2
— cu ventilator Ø 8 m $s = 120$ m^2 cu prelingere, asbociment tip C.S.R.	11 500	9,60	12 20	20 25,2

Puterea consumată de turnurile cu tiraj forțat este de 0,6—1% din puterea produsă de grupul electrogen care folosește debitul de apă respectiv.

Astfel de exemplu, turnul de răcire tip TEP Leningrad are ventilatoare tip 1 BG-47 cu motoare cu puterea 28 kW și consumă pentru o unitate policelulară cu debit 10 500 m³/h 550 kW; turnul tip CSR cu ventilatoare de diametru 8 m consumă pentru aceeași capacitate de răcire o putere de circa 900 kW, avînd instalate 10 ventilatoare cu motoare de 96 kW.

Această capacitate de răcire corespunde unei puteri de grup de 100 MW.

Din punct de vedere constructiv, turnurile cu tiraj forțat permit o reducere a înălțimii de pompare a apei în turn de la 8,5—9 m cît se întîlnește la construcția marilor turnuri cu tiraj natural la circa 7,5 m, realizînd astfel o economie de pompare de circa 1,5 m. Pentru debitul de apă arătat mai sus de circa 10 500 m³/h, diferența de putere consumată de pompe atinge 60—80 kW.

Această economie de pompare reduce diferența de consum al serviciilor interne datorită ventilatoarelor.

Datorită diferenței de temperatură a apei răcite, între exploatarea unei centrale cu turnuri cu tiraj natural sau cu turnuri cu tiraj forțat există o diferență de consum specific de combustibil.

Conform datelor statistice publicate în revistele de specialitate, în timpul sezonului cald diferența de consum specific între cele două sisteme este de 2,5—3% iar ca medie anuală 1,5—2%.

Economia de combustibil este dependentă de temperatura de dimensionare a condensatorului, de dimensionarea ultimelor trepte ale turbinei și de parametrii inițiali de abur.

Această economie descrește pe măsură ce se adoptă parametri mai înalți și supraîncălzire intermediară fiindcă în aceste condiții cota parte din căldura transmisă apei de răcire scade de asemenea.

Privind problema sub aspectul economiei de combustibil rezultă că la adoptarea turnurilor cu tiraj forțat, cu aceeași cantitate de combustibil se produce anual o energie suplimentară egală cu diferența între variația consumului specific și variația consumului de servicii interne adică de circa 0,5—1,4%.

Privind problema sub aspectul puterii disponibile pentru sistem, folosirea turnurilor cu tiraj forțat reduce puterea disponibilă în tot timpul anului cu consumul suplimentar al serviciilor interne.

În timpul perioadei calde de vară în funcție și de tipul turbinei, ridicarea de temperatură la turnurile cu tiraj natural poate limita puterea disponibilă a turbinei. Astfel, în această perioadă de timp puterea disponibilă a centralei folosind turnuri cu tiraj forțat poate depăși puterea centralei cu turnuri cu tiraj natural.

Pentru tempeatura termometrului umed de 20°C, corespunzătoare unei asrgurări de circa 95% a temperaturii în anul mijlociu pe timipul sezonului cald, la folosirea de exemplu a turbinelor de fabricație CSR pentru 100 MW cu temperatura nominală de răcire 15°C, folosirea turnurilor cu tiraj forțat nu conduce la limitări de putere, în timp ce turnurile cu tiraj natural asigurînd o temperatură de circa 32°C, care depășește temperatura maximă de 28°C la care turbina poate fi încărcată cu 100 MW, vor introduce o limitare de putere conform diagramei de corecție a fabricii de 2%.

Puterea disponibilă în această situație pentru cele două sisteme de răcire variază conform celor arătate în tabela 2.

Construcția marilor turnuri cu tiraj natural și cu tiraj forțat, executată din beton armat, are un specific diferit.

La turnurile cu tiraj natural, coșul de tiraj avînd o înălțime de 50—55 m se realizează din beton monolit. Încercările de a construi coșul din prefabricate făcute în mai multe țări, de exemplu în Ungaria nu au dat rezultate concludente, astfel că pentru acest tip constructiv trebuie să se conteze numai pe beton monolit. Singura posibilitate de modernizare a procesului de construcție se poate obține folosind cofraje glisante, ceea ce aduce economii de lemn de cofraj.

Turnurile cu tiraj forțat au o construcție joasă și se pretează la fel de bine atît la construcția monolită cît și la aceea de prefabricate. Ele oferă un front de lucru mai lung și permit astfel construcția într-un timp simțitor mai scurt.

Înălțimea maximă la care se toarnă cadrele de beton sau se ridică prefabricatele la turnurile cu tiraj forțat este de circa 12—14 m. Din această cauză montarea de prefabricate este posibilă cu utilajele de ridicat normale existente la întreprinderile de construcții.

Sistemul de răcire la turnurile construite pînă în prezent la noi în țară este de lemn. Turnurile hiperbolice au un sistem de răcire mixt, picurare-prelingere, cu șipci de lemn triunghiulare și scînduri înclinate. Tendința este însă de a trece de la sistemul cu picurare la sistemul cu prelingere pură, care îmbunătățește caracteristica de răcire a turnurilor micșorînd temperatura apei răcite cu circa 1°C, la aceeași încărcare termică. Suprafețele de prelingere a apei pot fi executate din scîndură sau la ultimele construcții din materiale care nu se degradează în timp ca de exemplu asbociment etc.

Tabela 2

Diferențe de putere disponibilă între sistemul de răcire cu turnuri cu tiraj natural și cu tiraj forțat la o mașină de tip Skoda 100 MW, 130 at 565/535°C

Felul limitării	Răcire turn tiraj natural	Răcire turn tiraj forțat
Consum ventilatoare		900 kW
Surplus consum pompare apă	circa 60 kW	
Limitare putere (circa 2%)	2 000 kW	
Total	2 060 kW	900 kW
Diferența de puteri disponibilă	1 160 kW	0
Față de puterea la turn cu tiraj forțat	1,17 %	

Turnurile de răcire cu tiraj forțat proiectate în diferite țări în ultimii ani sînt toate concepute cu înlocuirea totală a lemnului prin asbociment (proiect tip din C.S.R., R.P.U. și R.D.G.).

Pentru studiul oportunității instalării turnurilor cu tiraj forțat la unele centrale s-a ales soluția nouă tipizată în C.S.R. cu ventilatoare cu diametrul 8 m și instalație de răcire cu asbociment.

Și la turnurile cu tiraj natural se încearcă în prezent adaptarea sistemului pelicular cu plăci din asbociment. Studii în această direcție au fost făcute în U.R.S.S. de TEP Moscova.

Pentru ca să se cerceteze două instalații cu viață comparabilă, s-a ales în prezentul studiu, la variante cu tiraj natural un turn care are sistemul de prelingere a apei tot din asbociment.

În consecință, pentru curba de răcire a turnului s-a folosit curba calculată de TEP Moscova pentru noile turnuri de răcire hiperbolice de 900 și 1 520 m² cu plăci de asbociment.

Deoarece folosirea asbocimentului la turnuri este de dată recentă, nu există încă experiența suficientă acumulată în ceea ce privește rezistența lui în timp. Se consideră însă că viața unei astfel de instalații trebuie să fie de ordinul 20 ani adică de trei ori mai lungă decît a sistemului de răcire cu lemn (Durata medie 6—7 ani).

La turnurile cu tiraj forțat această durată poate fi încă mai mare deoarece nevoia de a interveni iarna cu mijloace mecanice pentru înlăturarea gheții de la partea exterioară a sistemului de răcire este redusă. La turnurile cu tiraj forțat se micșorează iarna tirajul prin oprirea ventilatoarelor și astfel înghețul este preîntîmpinat. Se poate chiar insufla aerul în direcția inversă față de circulația obișnuită, și se obține un puternic efect de desghet la partea inferioară a turnului.

2. Tendința pe plan mondial

Tendința pe plan mondial în privința construcției de turnuri de răcire și de folosirea lor la CTE este următoarea:

În numeroase țări cu tehnicitate avansată se adoptă la CTE pe scară foarte largă turnurile cu tiraj forțat. Acest lucru este evident mai ales în zonele climatice calde și temperate.

Astfel, în țările din Europa Centrală care au o climă asemănătoare cu cea de la noi dar mai puțin caldă și mai umedă, pe

timpul verii, turnurile cu tiraj forțat s-au extins foarte mult, generalizîndu-se aproape, după cum urmează:

În C.S.R., se instalează la CTE exclusiv turnuri cu tiraj forțat, fie că ele servesc la o funcționare a sistemului de răcire în circuit închis, fie că turnurile servesc numai la completarea răcirii în circuit mixt și funcționează puțin timp. Toate aceste turnuri se construiesc după un unic proiect tip și se realizează de aceeași întreprindere specializată și utilată pentru construcția industrială a lor.

În Ungaria, se instalează la investițiile noi, turnuri cu tiraj forțat.

Turnurile de răcire cu tiraj forțat, de tipuri constructive și cu materiale foarte diferite s-au dezvoltat mult atît în R.D.G. cît și în R.F.G. La investițiile noi se folosesc deopotrivă turnuri cu tiraj natural și turnuri cu tiraj forțat, de la caz la caz.

În S.U.A., conform statisticilor din anii 1955 și 1956 toate turnurile noi construite la CTE au fost de tipul cu tiraj forțat.

În anul 1959 însă au fost reintroduse și turnuri de răcire cu tiraj natural, dar numai în funcție de condițiile climatice.

Pentru țările aflate în zona de climă rece, se mențin în general construcțiile turnurilor cu tiraj natural sau alte sisteme de răcire.

Astfel în U.R.S.S. numărul cel mai mare de instalații de răcire se realizează la CTE cu sisteme naturale de răcire, de exemplu iazuri de răcire. În cazul cînd este necesar să se recurgă la turnuri de răcire se folosesc mai ales turnuri cu tiraj natural. Construcția turnurilor cu tiraj forțat, dezvoltată mai ales în ultimii 5 ani a fost aplicată în Sud, în zona de climă mai caldă. Pentru centralele electrice proiectate în U.R.S.S. și prevăzute a se instala în alte țări cu climă caldă s-au folosit de asemenea turnuri cu tiraj forțat.

Turnurile cu tiraj natural sînt folosite în continuare în Anglia și Canada, țări unde temperatura medie anuală este mai scăzută.

La noi în țară s-au întocmit studii pentru turnurile de răcire cu tiraj forțat la două centrale de termoficare lucrînd cu răcire în circuit închis, iar în prezent pentru noile investiții s-a adoptat sistemul de construcție de turnuri cu tiraj forțat, în sistem celular cu mai multe ventilatoare.

3. Indicii tehnico-economici la turnurile cu tiraj natural și la cele cu un tiraj forțat

Indicii de consum de materiale și caracteristicile la diferite construcții noi de turnuri de răcire sînt arătate în tabelele 3 și 4.

Tabela 3

Caracteristicile turnurilor cu tiraj natural hiperbolice (construcție T.E.P. și I.S.P.E.) cu sistem de răcire de lemn prin picurare și prelingere

Date de bază			
Suprafața bazei	m^2	900	1 520
Debit	m^3/h	4 500 – 6 000	10 000 – 10 500
Interval de răcire	°C	6 – 10	6 – 10
Densitate stropire	$m^3/m^2.h$	5 – 6,7	6,6 – 6,9
Înălțimea adm. apei	m	8,8	8,8
Consum materiale			
Beton	m^3	250	400
Beton armat	m^3	1 340	1 873
Lemn	m^3	633	856
Cost			
– betoane	lei	64,28%	65,00%
– sistem răcire	lei	35,72%	35,00%
Total lei (prețuri medii 1958)	lei	100,00%	100,00%

Tabela 4

Caracteristicile turnurilor cu tiraj forțat cu debit 10 000 – 11 000 m^3

		Turn LOTEP cu ventilator ∅ 4,7 m*	Turn proiect LOTEP și ISPE cu ventilator ∅ 4,7 m*	Turn proiect C.S.R. cu ventilator ∅ 8 m
Date de bază				
– felul construcțiilor		beton prefabricat	beton prefabricat	beton monolit
– felul șicanelor		picurare lemn	prelingere lemn	prelingere asbociment
– suprafața celulei	m^2	74 m^2	circa 70	120
– debit pe celulă		500	490 – 560	1 150
– densitate stropire	$m^3/m^2.h$	7 – 8	7 – 8	9 – 6
– înălțimea adm. apei	m	7,66	7,66	7,45
– putere ventilator	kW	28	28	96
Consum materiale				
Număr celule		20	20	10
– beton	m^3	0	191,2	1 500
– beton armat	m^3		860,4	
– beton armat prefabricat	m^3		848	382
Total beton	m^3	1 160	1 900	1 882
– lemn	m^3	820	825	–
– asbociment	m^2	–	–	circa 140 000
– material metalic	t	48	82,4	
Cost				
– betoane	lei	45,50%	46,72%	27,27%
– sistem de răcire	lei	17,50%	18,68%	50,90%
– instalații mecanice	lei	37,00%	34,60%	21,83%
Total	lei	100,00%	100,00%	100,00%

* Evaluări pe bază de indici și lucrări executate. (Pentru asbociment prețul este apreciat).

Diferența de preț între turnurile din coloanele 1 și 2 și cel din ultima coloană provine din cauza folosirii asbocimentului în loc de lemn.

Pentru comparația turnurilor cu tiraj forțat cu turnurile cu tiraj natural este necesar a determina și costul turnului cu tiraj natural cu sistem de răcire din asbociment.

Costul turnurilor cu tiraj natural cu asbociment este alăturat în tabela 5.

Tabela 5

Costul turnurilor cu tiraj natural cu asbociment

		Turn 900 m²	Turn 1 500m²
— betoane	lei	41,30%	38,46%
— instalație de răcire	lei	58,70%	41,54%
Cost total	lei	100,00%	100,00%

Turnul cu tiraj forțat poate fi supraîncărcat hidraulic pînă la circa 100% (20 m³/m² h), în care caz performanțele sale de răcire sînt similare cu ale unui turn cu tiraj natural. Turnul cu tiraj natural nu este rațional a se supraîncărca peste 20% din debitul hidraulic nominal, din cauza creșterii excesive a temperaturii apei răcite.

4. Metode de calcul pentru stabilirea celui mai avantajos tip de turn

Pentru stabilirea oportunității alegerii celui mai indicat tip de turn s-au aplicat pînă în prezent două metode de calcul și anume :

a) *Metoda consumului constant de combustibil.* În această ipoteză se pleacă de la considerația că centrala termoelectrică primește aceeași cantitate de combustibil. Datorită diferenței de consum specific care rezultă ca urmare a reducerii temperaturii apei de răcire la turnurile cu tiraj forțat față de cele cu tiraj natural și datorită diferenței de putere consumată de serviciile interne, se obține în cazul climei țării noastre o producție de energie electrică mai mare la folosirea turnurilor cu tiraj forțat. Valoarea acestei energii constituie avantajul economic al turnurilor cu tiraj forțat și răscumpără și eventuale diferențe de investiții aferente acestora.

b) *Metoda echivalenței energiei livrate în sistem și puterii disponibile pentru sistem.* Această metodă — aplicată în I.S.P.E. consideră influența scăderii consumului de combustibil datorită folosirii turnurilor cu tiraj forțat și asupra efortului de investiție în instalațiile de extracție a combustibilului.

De asemenea ține seama de puterea suplimentară ce se instalează în sistem pentru a acoperi surplusul de putere cerut de ventilatoarele turnurilor.

Metoda folosită de I.S.P.E. consideră efectul asupra întregii economii naționale. În cazul în care nu se ia în considerare și limitarea de putere a turbinei la creșterea temperaturii apei de răcire peste valori de circa 25°C vara, această metodă defavorizează întrucîtva turnurile cu tiraj forțat.

5. Rezultatele de calcul privind funcționarea turnurilor cu tiraj forțat în scheme de răcire în circuit închis

Pentru două centrale termoelectrice A și B calculele s-au întocmit cu ajutorul metodei echivalenței energiei electrice și puterii iar pentru alte două C și D cu ajutorul metodei consumului constant de combustibil.

a) Centralele A și B

Se consideră în funcțiune în fiecare centrală cîte trei grupuri de condensație, ipotezele privind caracteristicele turnurilor de răcire fiind cele arătate la punctul 3 ; se calculează în aceste ipoteze regimurile de temperaturi ale apei răcite pentru lunile iunie, iulie, august și septembrie, corecțiile de consum de căldură ale turbinelor, cantitatea de energie electrică necesară pentru pompare și pentru ventilatoare.

În diferențele de cheltuieli anuale se cuprind deci cheltuielile pentru combustibilul suplimentar, pentru serviciile interne, amortizările și diferența de cheltuieli de întreținere și exploatare.

În cheltuielile de investiții se cuprind investițiile în turnuri, cheltuieli pentru puterea de echivalare aferentă pompării și tirajului forțat (ventilatoarele) și investițiile în mine și sonde.

Diferențe de cheltuieli anuale. Combustibilul suplimentar. Se calculează ținînd seama de creșterea consumului specific de căldură al centralei cu creșterea temperaturii apei răcite în cele două ipoteze, cum și de următoarele :

— Corecțiile de consum de căldură se consideră față de consumul specific 2 015 kcal/kWh pentru $t_{a\,răc} = 15°C$.

— Pentru calculul diferențelor de consum de căldură pe intervalul de timp considerat se are în vedere durata de utilizare anuală a puterii instalate de 6 500 ore și

$$hi_{lună} = h_{lună} \times \frac{6\,500}{8\,700} = 0{,}742$$

— Se consideră prețul tonei de cărbuni de 1 750 kcal/kg de 100 lei/t iar al metrului cub normal de gaz metan de 8 050 kcal/Nm³ de 0,115 lei/Nm³.

Tabela 6

Diferențe de cheltuieli anuale în mii lei

Nr. crt.	Denumirea diferențelor de cheltuieli	A		B	
		Tiraj natural	Tiraj forțat	Tiraj natural	Tiraj forțat
1	Combustibil	67,11%	—	32,30%	—
2	Consum servicii interne	—	53,12%	—	28,88%
3	Amortizări	32,89%	41,41%	67,70%	64,88%
4	Exploatare și întreținere	—	5,47%	—	6,24%
5	Total	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%
6	Diferențe totale	+ 1 100	0	+ 169	0

Diferențele de cheltuieli pentru combustibil și consum al serviciilor interne au fost calculate pentru 4 luni calde ale anului, cînd funcționează turnurile. Pentru restul perioadei anului aceste diferențe se anulează practic deoarece instalațiile de răcire în circuit închis nu funcționează în cazul celor două centrale și se suportă în acest timp numai cheltuielile de amortizare și personal.

Deoarece pentru lunile de vară s-a lucrat cu temperaturile medii lunare și umidități medii lunare ale aerului și nu cu curba clasată a temperaturii termometrului umed, ținînd seama că corecția consumului specific în funcție de temperatura apei de răcire are o variație parabolică, economia de combustibil la turnurile cu tiraj forțat va fi mai mare decît cea calculată.

Investiții. Valorile de investiții pentru turnurile cu tiraj natural și cele cu tiraj forțat, considerate ambele cu sistemul de răcire din plăci de asbociment, sînt cele calculate la punctul 3.

Cheltuielile suplimentare de investiții pentru echivalarea puterii consumată de serviciile interne ale turnurilor cu tiraj forțat se calculează considerînd prețul mediu al kW instalat în sistem și puterea instalată a motoarelor ventilatoarelor turnurilor de $3 \times 10 \times 90 = 2\,700$ kW.

Cheltuielile de investiții în mine și sonde ca urmare a consumului suplimentar de combustibil se calculează ținînd seama de investiția specifică pentru cărbuni și pentru gaz metan.

Din considerarea investițiilor și cheltuielilor anuale rezultă următoarele concluzii :

— la centrala A unde se folosește un combustibil scump și unde temperaturile sînt mai ridicate vara, funcționarea pe timp de vară în circuit închis cu turnuri cu tiraj forțat este avantajoasă net, conducînd la economii de investiții de 21% din totalul investițiilor la turnuri în varianta cea mai scumpă și la economii de cheltuieli anuale.

— la centrala B unde se foloseşte un combustibil ieftin şi unde temperaturile aerului pe timp de vară sînt mai scăzute decît la centrala A, investiţiile în cele două variante sînt practic echivalente; turnurile cu tiraj forţat pro-

Tabela 7

Investiţii totale în mii lei

Nr. crt.	Denumirea investiţiei	A		B	
		Tiraj natural	Tiraj forţat	Tiraj natural	Tiraj forţat
1					
2	Investiţii în turnuri	63,72%	68,49%	80,91%	68,49%
3	Investiţii echivalente putere	—	31,51%	—	31,51%
	Investiţii în mine şi sonde	36,28%	—	19,09%	—
4	Total	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%
5	Diferenţe de investiţii	+ 6 510	0	+ 10	0
6	Diferenţa de investiţie în %	+21,2%	0	+ 0,042%	0

duc în schimb o economie anuală de 169 mii lei şi la funcţionarea considerată turnurile cu tiraj forţat sînt avantajoase.

b) *Centralele de termoficare C şi D*

În cazul centralelor de termoficare, studiul comparaţiei între turnurile de răcire a fost efectuat ţinînd seama de puterea medie lunară care se livrează în condensaţie şi anume considerînd simultană perechea de valori: debit mediu lunar de abur pentru consumatori — puterea electrică maximă.

Diferenţa de energie electrică anuală disponibilă, se compune din surplusul de energie produsă prin mărirea randamentului la care se adaugă economiile de pompare pentru pompele turnurilor şi se scade energia consumată de ventilatoare.

Tabela 8

	Turn tiraj natural	Turn tiraj fo ţat	
	q = 5,65 m³/m²h	q = 7,7 m³/m²h	q = 8,8 m³/m²h
Investiţii lei	100,00%	85,62%	75,00%
Diferenţe de energie disponibilă kWh	0	2 348 000	1 408 000
Diferenţe de cheltuieli exploatare lei	0	— 139 000	— 84 000

Cu aceste elemente, concluziile calculelor sînt date în tabela 8. Rezultă deci, sub aspectul centralei electrice de termoficare, la consum constant de combustibil, o economie netă de investiţii şi cheltuieli anuale, soluţia optimă este aceea cu supraîncărcarea turnului cu tiraj forţat la 8,8 m³/m²h întrucît soluţia cu 7,7 m³/m²h îşi răscumpără surplusul de investiţii în 15 ani.

La centrala D ţinînd cont de diferenţele de investiţii şi de cheltuieli anuale între soluţii, turnul cu tiraj forţat se răscumpără într-un interval de timp de circa 5 ani faţă de un turn cu tiraj natural de dimensiune ideală (debit 7 000 m³/h).

6. Rezultate de calcul privind funcţionarea turnurilor cu tiraj forţat în scheme de răcire în circuit mixt

La aplicarea calculului comparativ între turnurile de răcire cu tiraj forţat şi cele cu tiraj natural pentru centralele care funcţionează în circuit mixt de răcire se ia în considerare regimul de temperaturi ale apei de răcire, ţinîndu-se seama de debite, de temperatura variabilă a apei, de sarcina electrică a centralelor şi de posibilitatea de a răci în lunile de vară apa în turnuri de răcire cînd debitul rîurilor este insuficient pentru asigurarea funcţionării răcirii în circuit deschis.

Pentru determinarea regimului de temperaturi ale apei se iau în considerare următoarele premize:

— asigurarea la 97% a debitului de apă de răcire necesare centralelor electrice;

— turnurile de răcire de tipul cu tiraj forţat au fost considerate în calcul cu performanţele ce decurg din curba aproximativă de răcire dată de ecuaţia pentru turnul cu ventilator de Ø 8 m şi celula de 120 m² şi anume:

$$z = 0{,}687 \cdot 10^{-6} \frac{Q}{t_i - 12}$$

în care: z este numărul de celule;

Q — cantitatea de căldură evacuată kcal/h;

t_i — temperatura apei răcite la temperatura termometrului umed 12°C;

— În lunile iunie, iulie, august se consideră în reparaţie cîte un bloc de 100 MW.

Cu aceste date se obţin rezultatele de calcul indicate în tabelele 9, 10, 11 şi 12.

— *Centrala termoelectrică — A* (tabelele 9 şi 10).

Tabela 9

Diferenţele de cheltuieli anuale în mii lei

Nr. crt.	Denumirea diferenţelor de cheltuieli	Turn cu tiraj natural	Turn cu tiraj forţat
1	Combustibil	40,31%	—
2	Consum servicii interne	—	44,44%
3	Amortizări	59,69%	—
4	Exploatare şi întreţinere	—	55,56%
5	Total	100,00%	100,00%
6	Diferenţe totale	+189	0

Tabela 10

Investiţii totale

Nr. crt.	Denumirea investiţiilor	Turnuri cu tiraj natural	Turnuri cu tiraj forţat
1	Investiţii în turnuri	94,34%	70,33%
2	Investiţii echivalente putere	—	29,67%
3	Investiţii în mine	5,66%	—
4	Total	100,00%	100,00%
5	Diferenţe de investiţii	+1 269	—
6	Diferenţe de investiţii %	+9,2%	—

— *Centrala termoelectrică — B* (tabelele 11 și 12).

Tabela 11

Diferențe de cheltuieli anuale în mii lei

Nr. crt.	Denumirea diferențelor de cheltuieli	Turn cu tiraj natural	Turn cu tiraj forțat
1	Combustibil	12,40%	—
2	Consum servicii interne	—	31,25%
3	Amortizări	87,60%	—
4	Exploatare și întreținere	—	68,75%
5	Total	100,00%	100,00%
6	Diferențe totale	+ 276,100	—

Investiții totale în mii lei *Tabela 12*

Nr. crt.	Denumirea investițiilor	Turn cu tiraj natural	Turn cu tiraj forțat
1	Investiții în turnuri	9 ,53%	70,76%
2	Investiții echivalente putere	—	29,24%
3	Investiții în sonde	3,47%	—
4	Total	100,00%	100,00%
5	Diferențe de investiții	+4 939,8	—
6	Diferențe de investiții %	+ 36,5%	—

În ambele cazuri turnurile cu tiraj forțat se dovedesc în mod absolut avantajoase, avînd și investiții și cheltuieli anuale mai reduse.

Concluzii

Din calculele arătate mai sus, în condițiile climatice ale țării noastre rezultă următoarele :

a) Folosirea turnurilor de răcire cu tiraj forțat în scheme de circuit închis la unități de puteri mari — este avantajoasă.

Economiile realizate sînt cu atît mai mari cu cît combustibilul este mai scump.

b) La centralele de termoficare în special în cazul cînd sarcina termică este aproximativ constantă în tot cursul anului, ponderea părții de condensație se reduce și în consecință și avantajele folosirii turnurilor cu tiraj forțat se limitează.

c) În cazul schemelor de răcire în circuit mixt în care turnul intervine numai pentru o perioadă redusă din an, avantajele turnurilor de răcire cu tiraj forțat derivă din economiile de investiții ; în acest caz turnul cu tiraj forțat se poate prevedea cu debit mai mic însă poate realiza supraîncărcări termice importante fără să depășească temperaturile realizate de turnurile cu tiraj natural.

d) Pentru instalații de puteri mijlocii și mici, mai ales la centrale de termoficare industrială locală, la care se urmărește în mod special și simplificarea exploatării, și unde economiile datorită sistemului de răcire sînt și ele reduse, turnurile cu tiraj natural rămîn în principiu indicate, urmînd a se face de la caz la caz un calcul tehnico-economic.

Deschiderea economică pentru linii de 110 kV pe stîlpi de metal

Ing. *CONSTANTIN PETRESCU* și ing. *ION CHIRIȚĂ*

Creșterea continuă a volumului de lucrări în ceea ce privește rețelele electrice de înaltă tensiune impune studierea și introducerea tuturor soluțiilor care să conducă la micșorarea investițiilor și la un consum de materiale cît mai redus.

Una dintre metodele ce se impune în acest scop, în special pentru liniile cu tensiunea de 110 kV și mai mare, este studierea deschiderii între stîlpi, astfel încît deschiderea aleasă să conducă la investiții și la un consum de materiale minim, fără ca siguranța în exploatare să scadă.

În lucrarea de față se analizează pe scurt pe bază de devize exacte, variația consumului de materiale principale și a costului liniilor de 110 kV pe stîlpi metalici, în funcție de deschiderea între stîlpi. Rezultatele au fost trecute în diagrame.

Pentru a se putea trage o concluzie, s-au studiat liniile, considerînd următoarele tipuri de stîlpi (fig. 1).

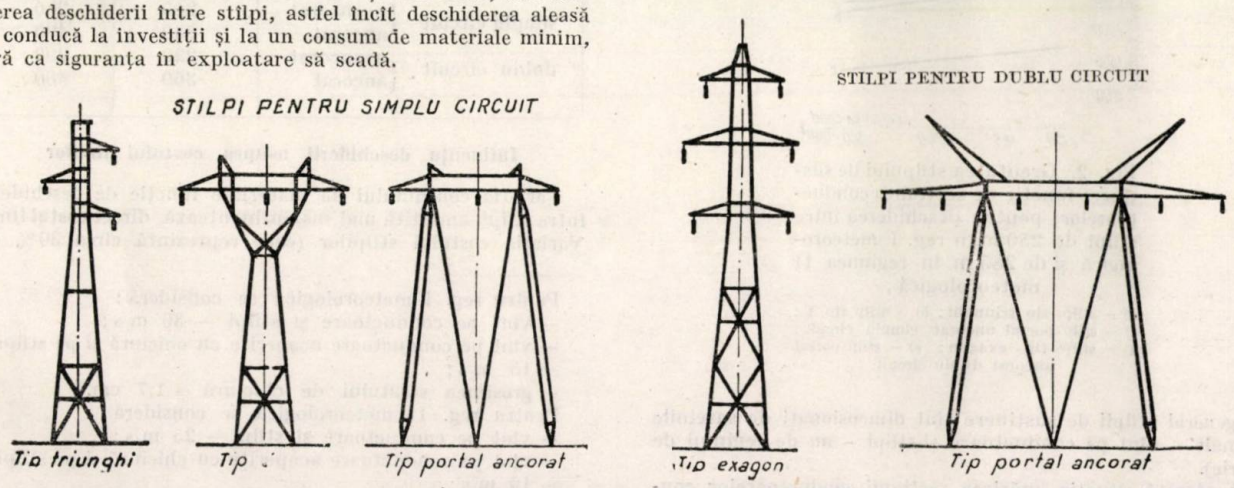


Fig. 1. Diferite tipuri de stîlpi de susținere.

— linii de 110 kV — simplu circuit — stîlpi cu aşezarea conductoarelor în triunghi;
— linii de 110 kV — simplu circuit — stîlpi cu aşezarea conductoarelor în plan orizontal (tip Y);
— linii de 110 kV — simplu circuit — , stîlpi ancoraţi;
— linii de 110 kV — dublu circuit — , stîlpi cu aşezarea conductoarelor în exagon;
— linii de 110 kV — dublu circuit — , stîlpi ancoraţi.

Pentru uniformitate, toate tipurile de stîlpi au fost calculate conform prescripţiilor pentru construcţia liniilor electrice aeriene, ediţia 1952 şi au fost considerate echipate cu conductoare de OL AL şi cu cleme oscilante fără declanşare.

Influenţa deschiderii asupra consumului de materiale

Variaţia consumului specific al principalelor materiale care intră la construcţia liniilor, în funcţie de deschiderea între stîlpi, este:

— conductoare active şi de protecţie	— nu variază în funcţie de deschidere;
— consumul de laminate pentru stîlpi	— variază în funcţie de deschidere, prezentînd un minim;
— beton pentru fundaţii	— variază în funcţie de deschidere, cantitatea de beton scăzînd cu creşterea deschiderii;
— izolatoare, cleme, armături, instalaţii de punere la pămînt	— variază în funcţie de deschidere, volumul acestora scăzînd cu creşterea deschiderii

Se constată că dintre elementele al căror volum variază cu deschiderea, capitolul stîlpi prezintă o importanţă deosebită şi merită să fie studiat special, pentru a se determina deschiderile pentru care consumul de laminate este minim.

Se ştie că majoritatea stîlpilor de pe o linie sînt de susţinere normali (circa 80—85%); consumul specific de laminate este dictat deci de greutatea acestora. În consecinţă, toate studiile în vederea reducerii costului se dezvoltă în special pentru stîlpii de susţinere. Dimensionarea acestor stîlpi depinde de:

— condiţiile meteorologice de calcul;
— secţiunea conductoarelor;
— deschiderea între stîlpi (înălţimea lor).

Considerînd date condiţiile meteorologice prin prescripţii şi deschiderea între stîlpi fixată, greutatea stîlpului de susţinere este influenţată numai de secţiunea conductoarelor

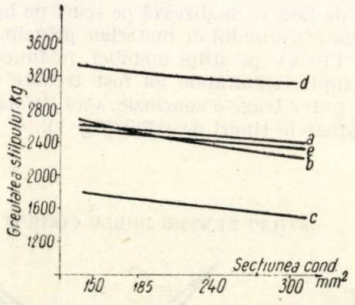


Fig. 2. Greutatea stîlpului de susţinere funcţie de secţiunea conductoarelor, pentru deschiderea între stîlpi de 250 m în reg. I. meteorologică şi de 285 m în regiunea II meteorologică:

a) — stîlp tip triunghi; *b*) — stîlp tip Y; *c*) — stîlp portal ancorat simplu circuit; *d*) — stîlp tip exagon; *e*) — stîlp portal ancorat dublu circuit.

(în general stîlpii de susţinere sînt dimensionaţi de sarcinile normale — vînt pe conductoare şi stîlpi — nu de regimul de avarie).

În această situaţie, mărirea secţiunii conductoarelor conduce pe de o parte la mărirea sarcinilor (datorită creşterii diametrului conductorului) şi deci la creşterea greutăţii stîlpilor, iar pe de altă parte reduce înălţimea stîlpilor (conductoarele de secţiuni mai mari au săgeţi mai mici), ceea ce conduce la o micşorare a greutăţii lor.

Reprezentînd variaţia greutăţii stîlpului de susţinere funcţie de secţiunea conductoarelor pentru deschideri date (fig. 2)

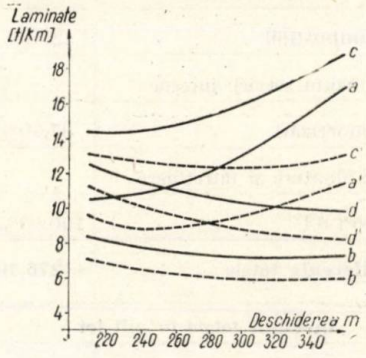


Fig. 3. Consumul de laminate funcţie de deschiderile între stîlpi.

a) — stîlp tip triunghi şi tip Y — reg. — I. meteorologică; *a'*) — i d e m reg II. meteorologică; *b*) — stîlp tip portal ancorat şi simplu circuit reg-I. meteorologică; *b'*) — i d e m, reg. II. meteorologică; *c*) — stîlp tip exagon — reg. I. meteorologică; *c'*) i d e m reg. II. meteorologică; *d*) — stîlp tip portal ancorat dublu circuit reg. I. meteorologică; *d'*) — i d e m, reg. II. meteorologică.

se constată că pentru toate tipurile, greutatea acestora scade cu creşterea secţiunii conductoarelor.

Trecînd însă la consumul de laminate pe km de linie, funcţie de deschiderea între stîlpi (fig. 3), se pot preciza următoarele:

— practic, dispare diferenţa între tipul de stîlp cu aşezarea conductoarelor în triunghi şi cea cu aşezarea conductoarelor în plan orizontal (tip Y);
— secţiunea conductoarelor nu influenţează consumul de laminate;
— consumul de laminate variază după o curbă aplatisată prezentînd totuşi un minim (tabela 1).

Tabela 1

Deschiderile între stîlpi pentru care consumul de laminate este minim

Tipul stîlpului		Deschiderea economică, m	
		Reg. meteorologică I	Reg. meteorologică II
simplu circuit	neancorat	200	280
	ancorat	340	400
dublu circuit	neancorat	220	290
	ancorat	360	400

Influenţa deschiderii asupra costului liniilor

Variaţia consumului de materiale funcţie de deschiderea între stîlpi, amintită mai sus, influenţează direct costul liniei. Variaţia costului stîlpilor (care reprezintă circa 30% din

Pentru reg. I meteorologică se consideră:
— vînt pe conductoare şi stîlpi — 30 m/s;
— vînt pe conductoare acoperite cu chiciură şi pe stîlpi — 15 m/s;
— grosimea stratului de chiciură — 1,7 cm.
Pentru reg. II meteorologică se consideră:
— vînt pe conductoare şi stîlpi — 25 m/s;
— vînt pe conductoare acoperite cu chiciură şi pe stîlpi — 10 m/s;
— grosimea stratului de chiciură — 1,3 cm.

costul liniei) impune şi pentru costul total al liniei un minim. Datorită curbelor uşor descendente care reprezintă costul fundaţiilor, izolatoarelor, instalaţiilor de punere la pământ etc., deschiderea economică din punct de vedere al investiţiilor se deplasează spre valori mai mari faţă de deschiderea economică din punct de vedere al consumului de laminate.

Figurile 4 şi 5 reprezintă variaţia costului liniei funcţie de deschiderea economică. Deschiderile economice rezultate sînt trecute în tabela 2.

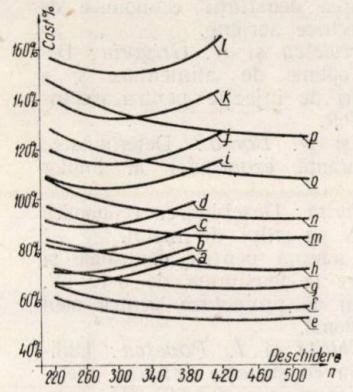


Fig. 4. Costul liniilor de 110 kV funcţie de deschiderile între stîlpi pentru regiunea I meteorologică:

a) – stîlpi tip triunghi şi Y – conduct. 150 mm² OL AL; *b*) – idem 185 mm² OL AL; *c*) idem 240 mm² OL AL; *d*) – idem 300 mm² OL AL *e*) – stîlp tip portal ancorat simplu circuit conduct. 150 mm² OL AL; *f*) – idem 185 mm² OL AL; *g*) – idem 240 mm² OL AL; *h*) – idem 300 mm² OL AL; *i*) – stîlp tip exagon conduct. 150 mm² OL AL; *j*) – idem 185 mm² OL AL; *k*) – idem 240 mm² OL AL; *l*) – stîlp tip exagon conduct. 300 mm² OL AL; *m*) – stîlp tip portal ancorat dubu circuit conduct. 150 mm² OL AL; *n*) – idem conduct. 185 mm² OL AL; *o*) – idem conduct. 240 mm² OL AL; *p*) idem conduct. 300 mm² OL AL.

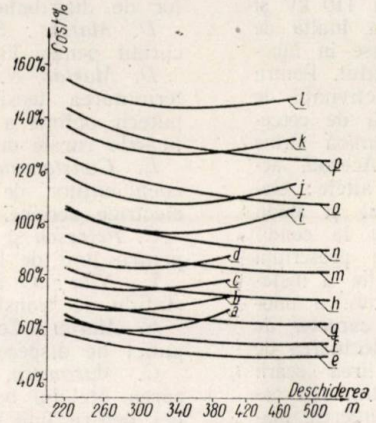


Fig. 5. Costul liniilor de 110 kV funcţie de deschiderile între stîlpi pentru reg. II. meteorologică.

a) – stîlpi tip triunghi şi Y – conduct. 150 mm² OL AL; *b*) – idem 185 mm² OL AL; *c*) – idem 240 mm² OL AL; *d*) – idem 300 mm² OL AL; *e*) – stîlp tip portal ancorat simplu circuit conduct. 150 mm² OL AL; *f*) – idem 185 mm² OL AL; *g*) – idem 240 mm² OL AL; *h*) – idem 300 mm² OL AL; *i*) – stîlp tip exagon conduct. 150 mm² OL AL; *j*) – idem 185 mm² OL AL; *k*) – idem 240 mm² OL AL; *l*) – idem 300 mm² OL AL; *m*) – stîlp tip portal ancorat dublu circuit conduct. 150 mm² OL AL; *n*) – idem 185 mm² OL AL; *o*) – idem 240 mm² OL AL; *p*) – idem 300 mm² OL AL;

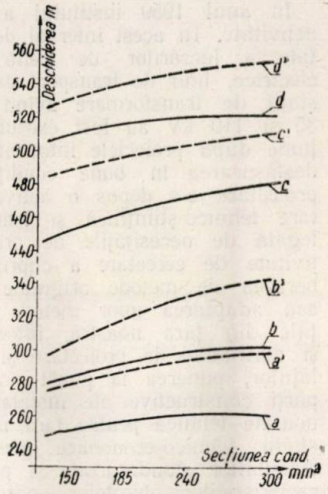


Fig. 6. Variaţia deschiderii economice funcţie de secţiunea conductoarelor:

a) – stîlpi tip triunghi şi Y – reg. I. meteorologică;
a') – idem reg. II. meteorologică;
b) – stîlp tip exagon reg. I. meteorologică;
b') – idem reg. II. meteorologică;
c) – stîlp tip portal ancorat simplu circuit reg. I. meteorologică;
c') – idem reg. II. meteorologică;
d) – stîlp tip portal ancorat dublu circuit reg. I. meteorologică;
d') – idem reg. II. meteorologică;

Tabela 2

Deschiderile economice

Sect. conductoarelor			150 mm² OL AL	185 mm² OL AL	240 mm² OL AL	300 mm² OL AL
Simplu circuit	neancorat	reg. I.	250	255	260	265
		reg. II.	280	285	293	301
	ancorat	reg. I.	450	460	470	480
		reg. II.	510	517	524	530
Dublu circuit	neancorat	reg. I.	282	287	295	303
		reg. II.	300	310	322	332
	ancorat	reg. I.	490	498	510	523
		reg. II.	530	537	547	443

Analizînd rezultatele de mai sus, se constată următoarele:

– Pentru liniile cu tipuri de stîlpi triunghi – Y şi exagon, tipuri folosite în general în ţara noastră, deschiderile economice rezultate din calcule sînt practic egale cu cele adoptate deja la liniile construite sau numai proiectate.

– Pentru liniile cu tipuri de stîlpi ancoraţi, deschiderile economice fiind mai mari chiar de 500 m, este absolut necesar ca înainte de adoptarea deschiderii să se facă şi un studiu care să aibă în vedere coeficientul de siguranţă în exploatare (coeficientul de siguranţă în exploatare scade cu creşterea deschiderii).

Se menţionează că deschiderile economice rezultate din acest studiu sînt reale la preţurile actuale ale materialelor. O schimbare a acestor preţuri, modificînd procentul cu care contribuie fiecare element la costul liniei, va schimba într-o mică măsură şi valorile deschiderilor economice.

SESIUNEA TEHNICO-ŞTIINŢIFICĂ A INSTITUTULUI DE PROIECTĂRI ENERGETICE CU OCAZIA ANIVERSĂRII A 10 ANI DE LA ÎNFIINŢARE

In anul 1959 institutul a împlinit 10 ani de activitate. In acest interval de timp marea majoritate a lucrărilor de centrale hidro şi termoelectrice, linii de transport de 35,60 şi 110 kV şi staţii de transformare avînd tensiunea înaltă de 35 şi 110 kV au fost executate şi puse în funcţiune după proiectele întocmite de institut. Pentru desfăşurarea în bune condiţiuni a activităţii de proiectare s-a depus o activitate largă de cercetare tehnico-ştiinţifică şi tehnico-economică strîns legată de necesităţile de proiectare. Această activitate de cercetare a cuprins între altele: elaborarea de metode originale de calcul şi studii sau adaptarea unor metode cunoscute la condiţiile din ţara noastră, întocmirea de prescripţii şi normative de proiectare şi construcţie a instalaţiilor, punerea la punct prin proiectare a unor părţi constructive ale instalaţiilor cu caracter de noutate tehnică pentru ţara noastră, efectuarea de studii tehnico-economice pentru stabilirea scării tensiunilor standardizate şi pentru justificarea caracteristicilor obiectelor energetice, studierea materialelor de folosit la anumite lucrări energetice, studierea de modele ale anumitor părţi de lucrări înainte de a se definitiva proiectele respective etc.

Pentru prezentarea unei părţi din rezultatele activităţii institutului, cu ocazia aniversării a 10 ani de existenţă s-a organizat o sesiune tehnico-ştiinţifică, care a avut loc în decembrie 1959. La lucrările sesiunii, desfăşurate pe secţii de specialitate au fost prezentate un număr de 55 referate întocmite de 96 autori. In continuarea acestei dări de seamă este dată o listă a referatelor prezentate la sesiune. Pe secţii de specialitate referatele se împart astfel:

— Secţia Electroenergetică, 16 referate de 31 autori;

— Secţia Termoenergetică, 11 referate de 23 autori;

— Secţia Construcţii-Arhitectură, 12 referate de 16 autori;

— Secţia Hidroenergetică, 16 referate de 26 autori.

Numărul relativ mare de autori în raport cu numărul referatelor arată că munca în colectiv a devenit o metodă curentă în activitatea inginerilor şi tehnicienilor din cadrul institutului.

O serie de referate reprezintă bilanţurile activităţii de 10 ani în diferite domenii, de studii şi proiectare; studii şi proiecte pentru planul de perspectivă, linii de 35 şi 110 kV, staţii de transformare de 110, 35, 15 şi 6 kV, centrale termoelectrice, uzine hidroelectrice, studii de teren şi laborator, alte referate prezintă aspecte tehnice caracteristice ale proiectelor elaborate de institute, iar altele tratează probleme teoretice în legătură cu activitatea institutului.

In continuare prezentăm lista referatelor susţinute la sesiune:

Al. Cogălniceanu, S. Bogdan, N. Mişu, I. A. Badea şi *A. Sevastru:* Contribuţia I.S.P.E. la studiile şi proiectele pentru planul de perspectivă.

P. Militaru, C. Petrescu, D. Voinea, O. Tenea şi *D. Soare:* Evoluţia concepţiilor în proiectarea liniilor de 35 şi 110 kV precum şi a staţiilor de transformare de 110, 35 şi 6 kV în I.S.P.E.

D. Marc: Contribuţia I.S.P.E. la protecţia împotriva supratensiunilor.

P. Dimo: Sisteme energetice înlocuite prin maşini echivalente prin metoda analizei grafice.

L. Groza şi *Gh. Moraite:* Analiza regimurilor electrice ale sistemelor electroenergetice.

N. Chirculescu: Proiectarea economică a reţelelor de distribuţie urbane şi rurale.

D. Martac: Stabilirea densităţii economice de curent pentru linii electrice aeriene.

D. Martac, N. Chirculescu şi *G. Grigoriu:* Determinarea tensiunii optime de alimentare şi a puterii optime a staţiei de injecţie pentru electrificările rurale din R.P.R.

E. Constantinescu şi *N. Borza:* Determinarea coeficienţilor de siguranţă economici ai liniilor electrice aeriene.

C. Petrescu şi *I. Chiriţă:* Deschiderea economică pentru linii de 110 kV pe stîlpi de metal.

V. Niţu: O nouă schemă pentru centralele şi staţiile de transformare la tensiunea de 6-10 kV.

S. Marcu: Concepţii de proiectare pentru noul punct de dispecer naţional.

C. Marinescu, I. Chiriţă şi *I. Popescu:* Utilizarea oţelului beton în construcţia stîlpilor metalici pentru linii electrice aeriene de 110 kV.

I. Cocora: Probleme în legătură cu montarea compensatorilor sincroni.

St. Popescu: Consideraţii asupra eficacităţii AAR şi a comportării aparatajului de protecţie în cazul funcţionării automatizării respective.

C. Iorga: Nomograme pentru determinarea componentelor simetrice şi a gradului de nesimetrie la un sistem de vectori.

Secţia Termoenergetică

V. Niţu, C. Rotaru, M. Vintilescu, A. Hristoforov, N. Popescu şi *N. Vasilescu:* Evoluţia activităţii de proiectare în domeniul centralelor termoelectrice.

N. Armencoiu, I. A. Badea şi *M. Marinescu:* Alegerea mărimii unităţilor din centralele termoelectrice.

N. Rentea şi *I. A. Badea:* Centrala de termoficare Ploeşti şi rolul acesteia în alimentarea cu căldură a consumatorilor industriali din acest centru.

C. Moţoiu: Probleme noi examinate în I.S.P.E. la proiectarea instalaţiilor termice cu parametri ridicaţi.

N. Vasilescu: Dispoziţia economică a echipamentului centralelor termoelectrice.

V. Niţu şi *N. Mirea:* Evoluţia sistemelor de conducere a proceselor tehnologice termo din centralele din R.P.R.

C. Burducea şi *C. Moţoiu:* Consideraţiuni asupra folosirii turnurilor cu tiraj forţat la unele centrale termoelectrice din R.P.R.

N. Popescu şi *R. Iliescu:* Consideraţiuni privind folosirea combustibililor în centralele termoelectrice.

R. Zbîrcea: Instalaţii de automatizare a pornirii şi opririi cazanelor cu gaze în scopul evitării exploziilor în focare.

Gh. Colţ: Aportul I.S.P.E. în domeniul termoficării urbane.

C. I. Staicu şi *M. T. Beldiman:* Asupra temperaturilor de calcul.

Secţia Construcţii-Arhitectură

O. Nedelcu: Calculul la răsucire al suporţilor de linii de transport alcătuiţi din 2 elemente asamblate cu bride.

E. Stănescu (I.C.S.E.): Cu privire la problema studiilor geotehnice şi a metodelor de calcul folosite la proiectarea fundaţiilor burate a stîlpilor de înaltă tensiune.

I. P. 2, c. 4485

СОДЕРЖАНИЕ

N. Gheorghiu: **10-летие Энергетического проектно-исследовательского института**

Energetica 8 (1960) № 1, стр. 1

ДК 620. 9(066)

N. Armencoiu: **10-летняя деятельность Энергетического проектно-исследовательского института (ИСПЕ)**

Energetica 8 (1960) № 1, стр. 2—5

ДК 621.311.1:620.9(001.1)(698)

A Cogălniceanu: **Вклад института в энергетические исследования и разработку перспективных планов в области электрификации**

Energetica 8 (1960) № 1, стр. 6—7

ДК 621.311.22.001.1

V. Nitu, Al. Hristoforov и N. Vasilescu: **Развитие концепций проектирования в области ТЭЦ**

Energetica 8 (1960) № 1, стр. 8—11

ДК 621.311.21.001.1

A. Nourescu: **Проектные работы в области гидроэлектрических станций**

Energetica 8 (1960) № 1, стр. 12—13

ДК 621.315.1.001.1

P. Militaru и C. Petrescu: **Развитие концепций проектирования линий на 35 и 110 кв**

Energetica 8 (1960) № 1, стр. 14—16

ДК 621.316.262.001.1

D. Voinea и Gh. Ioniță: **10-летний опыт проектирования трансформаторных станций на 110 и 35 кв**

Energetica 8 (1960) № 1, стр. 17—19

ДК 621.311.1:63.901

P. Militaru и C. Tencu: **Вклад института в электрификацию сельских местностей,**

Energetica 8 (1960) № 1, стр. 20—21

ДК 621.316.92/93

D. Mark: **Вклад института в область защиты против сверхнапряжений**

Energetica 8 (1960) № 1, стр. 21—22

ДК DK 621 .311.22.001.1

N. Armencoiu. I. Badea и M. Marinescu: **Выбор размера единиц ТЭЦ**

Рассматривается вопрос выбора мощности турбогенераторов для конденсационных электро-станций. Разбирается конкретный случай станции на 600 мгвт, строительство которой проводится в две очереди по 300 мгвт каждая. Отмечается, что оптимальным решением вопроса является установка двух агрегатов по 300 мгвт. Все же, для первой очереди, в случае если в первом этапе работ преследуется снижение капвложений, оснащение станции можно начать тремя агрегатами по 100 мгвт, причем во вторую очередь нужно установить агрегат в 300 мгвт.

Energetica 8 (1960) № 1, стр. 23—27

ДК 621.311.1 : 621.3.072.2.2.001.1

L. Groza и G. Moraite: **К вопросу статической и динамической устойчивости и регулировки компенсаторов взаимоподключенной энергетической системы РНР**

Обобщаются результаты значительного объема расчетов, дающих общую характеристику взаимподключенной государственной энергосети по этапам ее развития, по следующим вопросам: статическая стабильность, характеризующая жесткость и пропускная способность сети на 110 кв; анализ вызываемых регулировкой колебаний и анализ динамической устойчивости при коротком замыкании, причем рассматриваются различные виды короткого замыкания.

Energetica 8 (1960) № 1, стр. 27—32

ДК 621.311.1 : 621.316.1.001.1

N. Chirculescu: **Экономичное проектирование городских и сельских распределительных сетей**

Обсуждается вопрос выбора оптимальной мощности трансформаторных подстанций городских и сельских сетей, отличающихся линейным распределением нагрузок.

В статье отмечается часто наблюдаемая в последнее время тенденция, упростить вопрос выбора решений для распределелительных сетей на основе относительно несложных формул, применение которых устраняет необходимость разработки большого количества вариантов сетей.

Energetica 8 (1960) № 1, стр. 33—37

ДК 621.311.177.001.1

S. Marcu: **Концепции положенные в основу проектирования нового национального диспечерского центра**

Создание нового национального диспечерского центра исследовано в рамках проекта разработанного в свете современных концепций о использовании диспечерских камер. В статье указаны предлагаемые решения по основным вопросам, в том числе: размещение национального диспечерского узла, выбор объема телемеханизации, осуществление телефонной и телемеханической связей, устроство камеры управления.

Energetica 8 (1960) № 1, стр. 38—40

ДК 621.311.2 : 621 — 714

C. Burducea и C. Moțoi: **К вопросу применения градирень принудительной тяги на некоторых ТЭЦ Румынии**

Широко применяемые в настоящее время в теплоэнергетике градирни принудительной тяги дают возможность снизить температуру охлаждаемой воды в среднем на 6° по сравнению с градирнями естественной тяги.

Проводится технические сравнение обоих типов градирень, с указанием тенденций за рубежом, указываются технико-экономические конструктивные показатели, а также методы расчета по определению наиболее рациональной конструкции градирни.

Energetica 8 (1960) № 1, стр. 40—45

ДК 621.315.17 : 621.315.668.2.001.1

C. Petrescu и I. Chiriță: **Экономичный пролет между металлическими опорами 110 кв линий.**

На основе эффективных величин проводится исследование стоимости и расхода материалов для 110 кв линий на металлических опорах, в зависимости от пролета между столбами. В результате подробного исследования имеющейся документации определяются пролеты между опорами, ведущие к наименьшим капвложениям.

Energetica 8 (1960) № 1, стр. 45—47

Список рефератов представленных на научно-технической сессии, организованой по случаю 10-летней деятельности ИСПЕ (1949—1959).

Energetica 8 (1960) № 1, стр. 48

INHALTSVERZEICHNIS

DK 620.9/066

N., Gheorghiu: **Zehn Jahre seit der Gründung des Instituts für Planung und Projektierung von Energieanlagen.**

Energetica 8 (1960) H. 1, S. 1.

DK 620.9/066)

Armencoiu, N.: **Zum zehnten Jahrestag des Instituts für Planung und Projektierung von Energieanlagen (ISPE*)**

Energetica 8 (1960) H. 1, S. 2—5

DK 621.311.1 : 6209(001.1) (498)

A. Cogîlniceanu: **Der Beitrag des Instituts für Planung und Projektierung von Energieanlagen an der Ausarbeitung der Rahmenpläne für die Elektrizitätsversorgung des Landes**

Energetica 8 (1960) H. 1, S. 6—7

DK 621.311.22.001.1

V., Nitu Al. Hritoforov und N. Vasilescu: **Entwicklung der Auffasung über Planung und Entwurf von Dampfkraftwerken**

Energetica 8 (1960) H. 1, S. 7—11

DK 621.311.21.001.1

Al. Nouresco: **Leistungen auf dem Gebiet der Planung von Wasserkraftwerken**

Energetica 8 (1960) H. 1, S. 12—13

DK 621.315.1.001.1

P. Militaru und C. Petrescu: **Entwicklung von Planung und Projektierung von 35 und 110 kV — Freileitungen**

Energetica 8 (1960) H. 1, S. 14—16

DK 621.316.262.001.1

D. Voinea: **10 jährige Erfahrungen im Entwurf von 110 und 35 kV — Umspannanlagen**

Energetica 8 (1960) H. 1, S. 17—19

DK 621.311.1 : 63.001.1

P. Militaru und C. Tencu: **Der Beitrag des Instituts für Planung und Projektierung von Energieanlagen zur Elektrizitätsversorgung von landwirtschaftlichen Gebieten**

Energetica 8 (1960) H. 1, S. 20—21

DK 621.316.92/93

D. Marc: **Leistungen auf dem Gebiet des Überspannungsschutzes**

Energetica 8 (1960) H. 1, S. 21—22

DK 621.311.32.001.1

N. Armencoiu I. Badea und N. Marinescu: **Auslegung der Turbosätze in Dampfkraftwerken.**

Die Bemessung der Leistung von Turbosätzen für Kondensationsdampfkraftwerke wird auf Grund eines in Aussicht genommenen Werks von 600 MW untersucht. Um gegebenen Termin einzuhalten hat der Ausbau in zwei Etappen von jeweils 300 MW zu erfolgen. Auf Grund der Berechnungen ergibt sich, dass die optimale Lösung die Anlage von zwei Turbosätzen von je 300 MW wäre. Sollte in der ersten Etappe ein geringerer Investitionsaufwand in Betracht gezogen werden, empfiehlt sich der Ausbau mit drei Einheiten von je 100 MW. Für die zweite Etappe kommt jedenfalls nur ein Turbinenaggregat von 300 MW in Frage.

Energetica 8 (1960) H. 1, S. 23—27

---

*)Institut für energetische Studien und Projektierungen

DK 621.311.1 : 621.3.072.2.001.1

L. Groza und G. Moraite: **Betrachtungen über die Spannungsregelung des inländischen Verbundnetzes mittels Phasenschieber und über die zu erzielende statische und dynamische Stabilität.**

Es werden die Ergebnisse umfangreicher Berechnungen für die verschiedenen Entwicklungsstufen des inländischen Verbundnetzes systematisch, hinsichtlich der statischen Stabilität des 110 kV-Netzes, den von der Regelung bewirkten Folgen und der dynamischen Stabilität bei verschiedenen Kurzschlussfällen verwertet.

Energetica 8 (1960) H. 1, S. 21—32

DK 621.311.1 : 621.316.1.001.1

N. Chirculescu: **Wirtschaftliche Grundsätze für den Entwurf von Orts- und Überlandverteilungsnetzen.**

Es wird die Frage der Wahl der optimalen Leistung von Umspannanlagen in städtischen und ländlichen Verteilungsnetzen, mit Bezug auf die lineare Lastverteilung untersucht. Die Lösung folgt der allgemeinen in letzter Zeit feststellbaren Richtung, die Planung von Verteilnetzen zu schematisieren, wodurch sich die Ausarbeitung einer zu grossen Zahl von Varianten erübrigt.

Energetica 8 (1960) H. 1, S. 33—37

DK 621.311.177.001.1

S. Marcu: **Grundlagen für den Entwurf des neuen Landeslastverteilers.**

Die Planung der Anlage des neuen Landeslastverteilers fusst auf den modernsten Erfahrungen bezüglich der Verwendung von zentralen Schaltwarten. Es werden die in den wichtigsten Fragen in Betracht gezogenen Lösungen erörtert und zwar: örtliche Lage des Lastverteilers, Bestimmung des Umfangs der Fernsteuerung, Fernsprech und Fernsteuerungsanlagen und Ausstattung der Schaltwarte.

Energetica 8 (1960) H. 1, S. 38—40

DK 621.311.2 : 621-714

C. Burducea und G. Mofoiu: **Betrachtungen über die Verwendung von Ventilatorkühltürmen in einigen Dampfkraftwerken unseres Landes.**

Die zur Zeit im grossen Umfang in der Wärmekraftwirtschaft verwendeten Ventilatorkühltürme ermöglichen die Herabsetzung der Kühlwassertemperatur mit durchschnittlich 6°C, gegenüber den Kühltürmen mit natürlichem Zug. Diese zwei Kühlturmtypen werden mit Hinweis auf die Entwicklungstendenzen der modernen Anlagen verglichen. Abschliessend werden die technischen und wirtschaftlichen Kennziffern, sowie die Berechnungsverfahren für die Bestimmung der günstigsten Kühlturmtypen erörtert.

Energetica 8 (1960) H. 1, S. 40—45

DK 621.315.17 : 621.315.668.2.2.001.1

C. Petrescu und I. Chiriță: **Optimale Spannweite der 110 kV — Freileitungen mit Stahlmasten.**

Auf Grund von Erfahrungswerten werden die von den Spannweiten bedingten Kosten- und Materialaufwand, Kennzifferen der Walzstahlmasten von 110—kV—Freileitungen untersucht und die sich daraus ergebenden, die geringsten Investitionen fordernden Spannweiten festgestellt.

Energetica 8 (1960) H. 1, S. 45—47

Die technisch-ökonomische Tagung des I.S.P.E gelegentlich des 10. Jahrestags seit seiner Gründung (1949—1959).
Energetica 8 (1960) H. 1, S. 48

SOMMAIRE

CD 620. 9/066

N. Gheorghiu **Dix années depuis la fondation de l'I.S.P.E.** *)

Energetica 8 (1960) no. 1, p. 1

CD 620.9/066

N. Armencoiu : **Dix années d'activité de l'I.S.P.E.***)

Energetica 8 (1960) no. 1, p. 2—5

CD 621 .311.1 : 620.9. (001.1) (498)

Al. Cogălniceanu : **Contribution de l'Institut aux études énergétiques et à l'élaboration de plans de perspective dans le domaine de l'électrification**

Energetica 8 (1960) no. 1, p. 6—7

CD 621.311.22.001.1

V. Nitu, Al. Hristoforov et *N. Vasilescu* : **Evolution des conceptions de projection pour les centrales thermoélectriques**

Energetica 8 (1960) no. 1, p. 8—11

CD 621.311.21.001.1

Al. Nourescu : **Etablissement des projets pour les usines hydroélectriques**

Energetica 8 (1960) no. 1, p. 12—13

CD 621.315.1.001.1

P. Militaru et *C. Petrescu* : **Evolution des conceptions de projection pour les lignes de 35 et de 110 kV**

Energetica 8 (1960) no. 1, p. 14—16

CD 621.316.262.001.1

D. Voinea : **Dix années d'expérience en ce qui concerne les projets pour les postes de transformation de 110 et de 35k V**

Energetica 8 (1960) no. 1, p. 17—19

CD 621..311.1 : 63.001.1

P. Militaru et *C. Ţencu* : **Contribution de l'Institut dans le domaine de l'électrification rurale**

Energetica 8 (1960) no. 1, p. 20—21

CD 621.316.92/93

D. Mark : **Contribution de l'Institut dans le domaine de la protection contre les surtensions**

Energetica 8 (1960) no. 1, p. 21—22

CD 621.311.22.001.1

N. Armencoiu, I. Badea et *M. Marinescu* : **Choix de la grandeur des unités pour les centrales thermoélectriques,**

Les auteurs examinent la question du choix de la grandeur des groupes turbogénérateurs d'équipement des centrales thermoélectriques à vapeur à condensation. L'article traite d'un cas concret, d'une centrale de 600 MW qui exige une dynamique de construction en deux tranches de 300 MW chacune. Les auteurs concluent que la solution optimum est d'installer deux groupes à 300 MW chacun. Pour la première tranche, au cas où l'on poursuit une réduction des dépenses pour la première étape, on peut cependant commencer l'équipement de la centrale avec trois groupes de 100 MW, alors que la seconde tranche doit être nécessairement réalisée à l'aide d'un groupe de 300 MW.

Energetica 8 (1960) no. 1, p. 23—27

---

*) Institut d'Etudes et d'Elaboration de Projets énergétiques

CD 621.311.1 : 621.3.072.2.001.1

L. Groza et *G. Moraite* : **Considérations sur la stabilité statique, dynamique et sur réglage à l'aide des compensateurs dans le système énergétique interconnexé de la R.P.R.**

L'article synthétise les résultats d'un grand nombre de calculs qui ont été faits pour l'ensemble du réseau national interconnexé par étapes de développement, pour identifier les aspects suivants :—stabilité statique y compris la rigidité et la capacité de transport du réseau de 110 kV ; — analyse des variations produites par le réglage, et enfin — analyse de la stabilité dynamique dans les court-circuits, analyse qui porte sur plusieurs types de court-circuits.

Energetica 8 (1960) no. 1, p. 27—32

CD 621.311 1 : 621.316.1.001.1

M. Chirculescu : **Projets économiques concernant les réseaux de distribution urbains et ruraux.**

Les auteurs analysent le problème du choix optime des postes de transformation des réseaux de distribution urbains et ruraux caractérisés par la faculté de distribution linéaire des charges. L'ouvrage se conforme à la tendance générale manifestée dernièrement de simplifier la question du choix des solutions pour les réseaux de distribution, en se fondant sur des relations relativement simples et en évitant ainsi, par leur application, l'élaboration d'un grand nombre de variantes de réseaux.

Energetica 8 (1960) no. 1, p. 33—37

CD 621.311.177.001.1.

S. Marcu : **Les conceptions concernant les projets du nouveau centre de „dispatcher" national.**

L'aménagement d'un nouveau point de „dispatcher" national a été étudiée dans le cadre d'un projet établi à la lumière des conceptions modernes sur l'utilisation des chambres de „dispatcher". L'article relève les solutions préconisées pour les principaux points, à savoir l'emplacement du „dispatcher" national, le choix du volume de télémécanisation, la réalisation des liaisons de téléphonie et de télémécanique, l'aménagement de la chambre de commande.

Energetica 8 (1960) no. 1, p. 38—40

CD 621.311.2. : 621-714

C. Burducea et *C. Moţoiu* : **Considérations sur l'emploi des tours à tirage forcé pour certaines centrales thermoélectriques de notre pays.**

Les tours de tirage forcé employées à présent sur une grande échelle dans la thermoénergétique offre la possibilité de réduire la température de l'eau de refroidissement en moyenne avec 6°C par rapport aux tours à tirage naturel.

Les auteurs font une comparaison technique entre les deux types de tours, en relevant également les tendances sur le plan mondial, les indices techniques et économiques de construction, ainsi que les méthodes de calcul pour l'établissement du type de tour le plus avantageux.

Energetica 8 (1960) no. 1, p. 40—45

CD 621.315.17 : 621.315.668.2.001.1

C. Petrescu et *I. Chiriţă* : **La portée économique pour les lignes de 110 kV sur piliers métalliques.**

Les auteurs étudient, en se fondant sur des valeurs réelles le coût et la consommation de matériaux pour des lignes de 110 kV sur piliers métalliques, en fonction de la portée entre les pylônes. En partant d'une documentation exacte, ils établissent les portées entre les piliers qui demandent le moins d'investissements.

Energetica 8 (1960) no. 1, p. 45—47

La session tehnico-scientifique de l'I.S.P.E. lors du 10e anniversaire de sa fondatinn (1949—1959)

Energetica 8 (1960) no. 1, p. 48

CONTENTS

N. Gheorghiu: **Ten years since the Foundation of the Energetic Research and Designing Institute.**

Energetica 8 (1960) no. 1, p. 1

DC 620.91065

N. Armencoiu: **Tenth Anniversary of the Energetic Research and Designing Institute.**

Energetica 8 (1960) no. 1, p. 2—5

DC 621.311.1 : 620.9 (001.1)(498)

A. Cogălniceanu: **Contribution of the Institute to energetic studies and the setting of prospective plans for electrification.**

Energetica 8 (1960) no. 1, p. 6—7

DC 621.311.22.001.1

V. Nițu, Al. Hristoforov and *N. Vasilescu*: **Evolution of design conceptions on thermo-electric power stations.**

Energetica 8 (1960) no. 1, p. 8—11

DC 621.311.21.001.1

Al. Nourescu: **Designing hydroelectric plants**

Energetica 8 (1960) no. 1, p. 12—13

DC 621.315.1.001.1

P. Militaru, and *C. Petrescu*: **Evolution of designing conceptions for 35 and 110 kV lines**

Energetica 8 (1960) no. 1, p. 14—16

DC 621.316.262.001.1

D. Voinea, **Ten years designing experience in transforming stations of 110 and 35 kV**

Energetica 8 (1960) no. 1, p. 17—19

DC 621.311.1 : 63.001.1

P. Militaru, and *C. Țencu*: **The Institute's contribution to rural electrification**

Energetica 8 (1960) no. 1, p. 20—21

DC 621.316.92/93

D. Mark: **The Institute's contribution to the protection against over-voltages**

Energetica 8 (1960) no. 1, p. 21—22

DC 621.311.22.001.1

N. Armencoiu, I. Badea, and *M. Marinescu* **Choosing the power for thermoelectric plants units.**

The article explains how to choose the power of turbogenerators for thermoelectric condensed steam power stations equipment. It analyses a concrete case of a 600 MW power station requiring a construction dynamics of two stages of 300 MW each. The authors conclude that the best solution is to install two groups of 300 MW each. But, if investments during the first stage are to be lowered, then one should begin with three groups of 100 MW each. The second stage must necessarily be achieved with a single group of 300 MW.

Energetica 8 (1960) no. 1, p. 23—27

DC 621.311.1 : 621.3.072.2.001.1

L. Groza and *G. Moraite*: **Considerations on static and dynamic stabilities and compensation regulation in the interconnected energetic system of the R.P.R.**

This is a synthesis of the results of a big number of calculations characterizing the whole national network interconected by stage of development under the following aspects: — static stability characterizing the rigidity and transport capacity of the 110 kV network; — the analysis of variations produced by the regulating system and the analysis of the dynamic stability of several types of short circuits.

Energetica 8 (1960) no. 1, p. 27—32

DC 621.311.1 : 621.316.1.001.1

N. Chirculescu: **Economical designing of urban and rural distribution networks.**

The author shows how to choose the best kind of power for the transformation stations in the urban and rural distribution networks, which are characterized by linear distributivity of loads.

The article is a contribution to the late general trend of simplifying the choosing of solutions for distribution network it is based on relative simple relations, which when applied allow to avoid a too great number of alternatives.

Energetica 8 (1960) no. 1, p. 33—37

DC 621.311.177.001.1

S. Marcu: **Designing schemes for the new national despatching centre.**

The organizing of a new national despatching centre was included in a project based on the latest theories on despatching chambers utilisation. The article shows the solutions proposed in the main problems, that is the locating of the national despatcher the extent of tele-mechanization, the setting of telephone and wire lines and the installing of the control chamber.

Energetica 8 (1960) no. 1, p. 38—40

DC 621.311.2 : 621.714

C. Burducea, and *C. Moțoiu*: **Considerations on the utilizing of forced draught towers for some thermoelectric power station, in our country.**

The forced draught towers so far used on large scale in thermoenergetics allow the reducing of the temperature of the cooling water by an average of 6°C as compared with the natural cooling water by an average of 6°C as compared with the natural draught towers.

The authors make a technical comparison between the two kinds of towers, also showing the new world trends, the technical and economic construction norms, as well as the methods for the calculation of the most advantageous type of tower.

Energetica 8 (1960) no. 1, p. 40—45

DC 626.315.17 : 621.315.668.2.001.1

C. Petrescu and *I. Chiriță*: **The economic span for 110 kV lines with steel pillars.**

Based on actual values, the authors make an investigation of the costs and the material utilisation for 110 kV lines on steel pillars according to the span between the pillars. Based on precise documentation, they show the less expensive spans.

Energetica 8 (1960) no. 1, p. 45—47

The technical and economic session of the I.S.P.E. on the occasion of the 10 years' anniversary since its foundation (1949—1959).

Energetica 8 (1960) no. 1, p. 48

N. Borza şi *E. Constantinescu:* Suporţi-portal ancoraţi din beton armat centrifugat pentru linii electrice aeriene de 110 kV dublu circuit şi pentru tensiuni superioare.

Al. Vaicum: Contribuţii la economicitatea stîlpilor din beton precomprimat pentru linii electrice aeriene.

V. Radu şi *Vl. Bălăşescu:* Proiectarea şi executarea unui coş de 120 m la Paroşeni.

A. Doicescu: Arhitectura obiectelor energetice.

C. Enache: Aplicaţiile culorilor în arhitectura industrială.

Al. Hristoforov: Probleme de izolaţie la rezervoarele de beton armat pentru combustibil.

T. Gereb: Calculul armăturilor în fundaţii de maşini rotative.

T. Gereb: Calculul stîlpilor de pod rulant la flambaj şi încovoiere.

V. Guja: Calculul elementelor de rezistenţă ale clădirii centralei H.E. „V. I. Lenin".

St. Angelescu, V. Apostolescu şi *N. Borza:* Acoperiş din beton precomprimat de 36 m deschidere.

Secţia Hidroenergetică

Al. Nourescu: Activitatea de proiectare în domeniul uzinelor hidroelectrice în perioada 1949—1959.

C. Budeanu, Ed. Juster, E. Stănescu şi *P. Wisner* (I.C.S.E.): Cercetări şi studii de teren, cercetări de laborator, materiale de construcţii şi hidraulică aplicată între anii 1949—1959.

P. Medeşan şi *I. Dragomir:* Scurtă prezentare a lucrărilor hidrotehnice proiectate în unitatea Termoproiect.

D. Pavel: Antedimensionarea turbinelor hidraulice, calculul greutăţii şi investiţiei.

M. Vasilescu: Asupra dimensionării cămăşuielii unui important tunel de aducţiune sub presiune excavat în marne în zona flişului Carpaţilor Orientali.

Al. Cogălniceanu: Diferenţierea calitativă a puterii şi energiei curbelor de sarcină zilnice.

Al. Cogălniceanu: Influenţa regimului de funcţionare a uzinelor hidroelectrice cu acumulare asupra alegerii parametrilor lor principali.

G. Frank: Dimensionarea energoeconomică a derivaţiilor U.H.E.

V. Clenc: Proiectarea voalului de etanşare sub fundaţia barajelor.

P. Wisner (I.C.S.E.): Unele probleme ale evacuatorilor de ape mari încercaţi pe modele în laboratorul I.C.S.E.

Ed. Juster, T. Zaharova, I. Toma şi *A. Burciu* (I.C.S.E.): Studiul pe model structural al unui baraj în arc.

V. Sabovici: Tunelul U.H.E. „V. I. Lenin"-Bicaz.

V. Sabovici: Execuţia unui castel de echilibru subteran cu dimensiuni foarte mari, aplicînd metode de lucru originale.

R. Mockesch: Fundarea în condiţii speciale a unui masiv de ancoraj.

E. Jekelius, M. Georgescu şi *D. Grigorescu* (I.C.S.E.): Etanşeitatea lacului Drăgan-Remeţi.

Ed. Juster (I.C.S.E.) şi *Al. Nissim* (C.S.A.): În legătură cu pericolul de fisurare a betonului.

★

La lucrările sesiunii au participat un mare număr de ingineri şi tehniceni din institutul de studii şi proiectări energetice, din cadrul unor institute de învăţămînt superior şi de la alte întreprinderi şi institute de proiectare. Pe marginea referatelor au avut loc discuţii în care s-au dezbătut diferite aspecte ale problemelor prezentate. Interes deosebit au prezentat referatele cu caracter tehnico-economic, relevat şi prin marele număr de participanţi la discuţii pe marginea acestor referate. Prin conţinutul de un nivel tehnic ridicat, prin tratarea unor probleme concrete legate de proiectarea diferitelor obiecte energetice, prin participarea numeroasă la discuţii, se poate considera că sesiunea tehnico-ştiinţifică şi-a îndeplinit rolul de a oglindi activitatea de proiectare, studii şi cercetări a institutului şi de a da un imbold pentru noi succese la aplicarea tehnicii noi în proiectare şi la obţinerea de economii la cheltuielile de investiţii ale lucrărilor proiectate.

MUSZAKI KÖNYVTÁR ORSZÁGOS 1883

MICROSCOP UNIVERSAL DE MĂSURĂ

aparat de măsură standard, de precizie maximă, pentru măsurători de lungime, măsurători de unghiuri, verificarea profilelor, în special pentru măsurători de filet.

Aparatul realizează măsurarea directă a tuturor mărimilor caracteristice ale unui calibrator de filete, fără schimbarea poziţiei piesei controlate.

CARL ZEISS JENA

VEB Carl Zeiss JENA

TÎRGUL INDUSTRIAL DE MOSTRE GERMAN HANOVRA

24 aprilie — 3 mai 1960

Toate domeniile de producere şi de transformare a electricităţii, de distribuire de curent şi de aplicare a energiei electrice inclusiv, electronica

E 2039

REFERALVA

ENERGETICA

R

2

Energetica — Vol. 8 — februarie nr. 2/1960 — p. 49-96 — București

1960

K

PLANUL TEMATIC PE ANUL 1960

A) ARTICOLE DE FOND ŞI EDITORIALE

În aceste articole se semnalează şi comentează evenimente politice, economice sau tehnico-ştiinţifice de însemnătate deosebită; ele apar sub semnătura unor personalităţi de seamă sau prin îngrijirea redacţiei.

B) ARTICOLE TEHNICO-ECONOMICE, TEHNICO-ORGANIZATORICE SAU TEHNICO-ŞTIINŢIFICE, în număr de 4—6 pentru fiecare număr al revistei, ele au caracter de originale sau de sinteză şi se tinde ca ele să fie repartizate în cuprinsul unui număr încît să acopere cît se poate de complet domeniile de specialitate ale revistei.

B_1) ARTICOLE TEHNICO-ECONOMICE ŞI TEHNICO-ORGANIZATORICE

— Mijloacele de reducere a preţului de cost al investiţiilor şi a preţului de cost al energiei electrice la locul de producţie şi la locul de consumaţie.
— Indicii tehnico-economici în exploatarea centralelor termoelectrice.
— Consumul specific de energie electrică pe unitatea de produs în diferite industrii.
— Stabilirea normelor de calcul al preţului de cost al energiei.
— Căile pentru reducerea preţului de cost în proiectarea şi execuţia instalaţiilor energetice.
— Planificarea şi normarea muncii pe şantierele de construcţie şi montaj a instalaţiilor energetice.
— Planificarea şi normarea muncii în institutele de proiectare şi cercetări energetice.
— Planificarea şi normarea muncii în exploatarea instalaţiilor energetice.
— Consideraţii asupra posibilităţilor de reducere a consumurilor serviciilor interne ale centralelor termoelectrice.
— Diferite metode pentru asigurarea protecţiei şi securităţii muncii în energetică.
— Măsuri tehnico-organizatorice pentru protecţia muncii în industria energetică.
— Protecţia muncii în instalaţiile termotehnice.
— Lupta contra prafului de cărbune în sălile de cazane.
— Protecţia muncii în centralele atomoelectrice.

B_2) ENERGETICA GENERALĂ

— Sursele de energie ale ţării, valoarea economică a fiecărei surse, posibilităţile tehnice de valorificare.
— Liniile de orientare a electricităţii în R.P.R. în cel de al III-lea plan cincinal.
— Folosirea combustibililor locali ţinînd seamă de economia energetică a ţării.
— Electrificarea agriculturii.
— Energetica oraşului.
— Energetica transporturilor.
— Aplicarea curbelor de sarcină şi îmbunătăţirea factorului de putere în sistemele energetice.
— Folosirea energetică a gazelor naturale în R.P.R.
— Noi procedee pentru producerea energiei electrice-pila de combustie, semi-conductori etc.
— Colaborarea energetică internaţională.

B_3) TERMOENERGETICA

— Combustibilii din R.P.R., caracteristicile lor energetice şi folosirea lor raţională.
— Folosirea energochimică a combustibililor din R.P.R.
— Folosirea combustibililor inferiori în focarele industriale.
— Arderea cărbunilor din R.P.R. în stare pulverulentă.
— Probleme în legătură cu arderea economică a combustibililor în focare industriale.
— Focare cu evacuarea lichidă a zgurii.
— Aplicarea recirculării gazelor de ardere la cuptoarele industriale.
— Aerodinamica focarelor industriale şi importanţa sa în procesul de combustie.
— Sisteme de filtrare a gazelor de ardere rezultate din arderea cărbunelui pulverizat.
— Automatizarea instalaţiilor termice în centrale.
— Reglarea automată a cazanelor cu abur.
— Reglarea automată a turbinelor de abur.
— Probleme speciale ale cazanelor de presiuni înalte şi foarte înalte.
— Depozite de combustibil. Metode raţionale de depozitare a cărbunilor.
— Tendinţe moderne în construcţia centralelor termoelectrice.
— Centrale de termoficare moderne.
— Folosirea intensivă şi extensivă a echipamentului din centralele electrice.
— Probleme de exploatare economică a centralelor termoelectrice.
— Analize de avarii în centrale termoelectrice şi măsuri pentru evitarea lor.
— Probleme legate de alimentarea cu apă de răcire a centralelor termoelectrice.
— Măsuri pentru evitarea pagubelor datorită rigorilor iernii în centrale termoelectrice.
— Reţele termice şi schemele cele mai adecuate pentru R.P.R.
— Funcţionarea în paralel a reţelelor termice. Automatizarea reţelelor termice.
— Perspectivele folosirii turbinei cu gaze în centralele termoelectrice.

B_4) ELECTROENERGETICA

— Mijloace auxiliare de calcul pentru studiul sistemelor energetice: modele, analizatoare, calculatoare.
— Stabilitatea statică şi dinamică a sistemelor energetice.
— Studii teoretice şi constatări experimentale.
— Automatizarea în sistemele energetice.
— Tratarea neutrului în sistemele energetice. Soluţii indicate pentru R.P.R.
— Liniile aeriene cele mai indicate pentru R.P.R.
— Linii aeriene pentru electrificări rurale.
— Sisteme de protecţie în sistemele energetice moderne cu posibilităţi de aplicare în reţelele noastre.
— Supratensiuni şi protecţia împotriva lor în sistemele energetice din R.P.R.
— Folosirea aluminiului în construcţia liniilor de transport şi distribuţie cît şi în instalaţii interioare.
— Rolul şi funcţiunile conductoarelor de protecţie şi a punerii la pămînt a stîlpilor pentru reţelele de înaltă tensiune.
— Tensiunea optimă, în condiţiile din R.P.R., pentru electrificări rurale.
— Influenţa chiciurii asupra liniilor de înaltă tensiune. Măsuri pentru evitarea depunerii chiciurii
— Tendinţe noi în proiectarea şi construirea liniilor şi staţiilor de înaltă tensiune.
— Sisteme de comunicaţie telefonică pe linii de înaltă tensiune.
— Pierderile în reţele, normarea şi reducerea lor.
— Tracţiunea electrică şi Diesel electrică.
— Sisteme moderne de electrificare c.f.
— Scheme şi dispoziţii economice pentru staţii de 6—35 kV. Celule prefabricate.
— Posturi de transformare mobile pentru consumatori sezonieri şi electrificări agricole.
— Telemecanica în sistemele energetice.
— Tendinţe noi în construcţia camerelor de comandă.

B_5) HIDROENERGETICA

— Lucrări hidrografice în scopuri hidroenergetice.
— Metode rapide pentru determinarea principalelor caracteristici hidrografice-energetice ale unui curs de apă.
— Hidroenergetica în planurile de amenajare complexă a cursurilor de apă.
— Cercetarea eficienţei unei acumulări de interes hidroenergetic în cadrul unui plan de gospodărire complexă a apelor.
— Problema compensării debitelor în cadrul amenajărilor hidroelectrice.
— Regimul de funcţionare al uzinei hidroelectrice.
— Studii şi probleme de viitor ale uzinelor fluviale în R.P.R.
— Centralele hidroelectrice cu pompaj.
— Probleme de economie a amenajărilor hidroenergetice.
— Indicii de producţie ai centralelor hidroelectrice.
— Exploatarea construcţiilor de interes hidroenergetic în timpul iernii.
— Tipuri de turbine, folosirea lor la diferite tipuri de uzine hidroelectrice.
— Turbinele microcentralelor rurale.
— Probleme de exploatare a echipamentului hidromecanic şi influenţa asupra proiectării.

B_6) ENERGETICA NUCLEARĂ

— Folosirea energiei nucleare în centrale atomoelectrice.
— Procese de bază în tehnica obţinerii energiei nucleare.
— Reactoare pentru centrale atomoelectrice.
— Scheme termice pentru centrale atomoelectrice.
— Probleme de reglaj în centrale atomoelectrice.
— Aspectul economic al folosirii energiei nucleare pentru producerea de energie electrică.
— Studiul construcţiei de centrale atomoelectrice în diferite ţări.
— Obţinerea de energie electrică din reacţii termonucleare dirijate.

C) RUBRICI SPECIALIZATE PE ANUMITE ASPECTE SPECIFICE

a) „Din experienţa întreprinderilor" şi „În ajutorul exploatării" conţin prezentări scurte ale realizărilor obţinute de oamenii muncii din ţara noastră în instalaţiile energetice.

b) „Pentru noile cadre" cuprinde articole de sinteză sau de aplicare pe exemple numerice concrete ale unor metode noi servind pentru orientarea tinerilor ingineri.

c) „Energetica peste hotare" descrie realizări sau proiectări energetice din altă ţară.

d) „Discuţii" ce sînt purtate asupra unor lucrări sau articole deja apărute constînd dintr-o luare de poziţie şi eventual un răspuns.

e) „Din activitatea ASIT" în care se descriu şi popularizează acţiunile ASIT-ului în general, şi în special ale secţiei de specialitate a Consiliului Central şi a secţiilor de la filiale.

f) „Din viaţa asociaţiilor naţionale de ingineri şi energeticieni (resp. electricieni) din alte ţări".

g) „Cronica" servind la comunicarea sau reamintirea unor evenimente de interes pentru energeticieni: congrese, conferinţe, aniversări, comemorări etc.

h) „Documentare" conţinînd note scurte cu indicaţii bibliografice complete ale unor articole sau lucrări apărute în alte reviste din ţară sau străinătate, care se consideră de către redacţie a fi interesante şi utile cititorilor.

i) „Recenzii" care sînt prezentări mai ample şi critice ale unor lucrări de volum şi importanţă rară. Recenzorii, aleşi de redacţie printre persoanele competente în specialitatea respectivă trebuie să facă o critică constructivă a lucrării putînd servi la îmbunătăţirea unor eventuale ediţii ulterioare.

j) „Bibliografie" conţinînd doar titlurile unor articole, rapoarte sau referate din ţară sau străinătate care merită a fi semnalate cititorilor revistei, fără a exista însă posibilitatea unei rezumări a lor sub formă de note documentare.

ENERGETICA

Vol. 8 Nr. 2 FEBRUARIE 1960

CUPRINS

I. Stăncescu: **Realizări și perspective în domeniul termofierării industriale în țara noastră**
Energetica 8 (1960) no. 2, p. 49—52

C. Dinulescu: **Contribuții la studiul condițiilor de pornire rapidă a cazanelor și turbinelor din centralele noastre termoelectrice**

Studiul se ocupă în principal de cazanele și turbinele sovietice de mare presiune (110 at) din centralele noastre, care sînt cele mai importante și, numai în subsidiar, de cazanele și turbinele de presiune medie.
Energetica 8 (1960) no. 2, p. 53—60

N. Pănoiu, G. Singer și I. Carabogdan: **Rezultate obținute la măcinarea ligniților cu moara-ventilator construită în R.P.R.**

După ce se amintesc instalațiile de măcinare pentru cărbuni inferiori din diferite țări, se arată premizele care au dus la alegerea morii ventilator pentru măcinarea ligniților din țară.

Sînt redate și analizate rezultatele obținute cu o moară ventilator într-o schemă fără pregătire termică. Rezultatele indică superioritatea morii ventilator pentru măcinarea ligniților din R.P.R.
Energetica 8 (1960) no. 2, p. 60—63

Al. Ionescu: **Pornirea în compensator sincron a generatoarelor**

Una din metodele foarte rentabile de compensare a energiei reactive este de a transforma generatoarele sincrone vechi în compensatoare sincrone. Același lucru se poate face și cu generatoarele a căror grupe de antrenare se află în revizie sau reparație. Folosirea generatoarelor, în acest din urmă caz, a fost multă vreme îngrădită din cauza greutăților mari care se întîmpină cu lansarea lor.
Energetica 8 (1960) no. 2, p. 63—66

Margarela-Doina Szobodos: **Coroziuni de fier și cupru la echipamentul tratării termice a apei**
Energetica 8 (1960) no. 2, p. 67—69

Ilie Mihai: **Elemente ale protecției împotriva supratensiunilor necesare bazei modelării pentru studiul comportării stațiilor la supratensiuni atmosferice**
Energetica 8 (1960) no. 2, p. 69—75

D. Spiridon: **Metode pentru determinarea potențialului hidroenergetic de suprafață al R.P.R.**

În articol se descriu metodele care pot fi utilizate în condițiile din R.P.R. atît pentru evaluarea potențialului hidroenergetic de suprafață cît și pentru determinarea într-o primă ediție pentru întreg teritoriul țării a izotopilor potențialului din precipitații și de scurgere

De asemenea se expun metodele aplicate la studiul potențialului de suprafață al bazinelor hidrografice Timiș-Bîrzava și Someșul din cadrul lucrării în curs de întocmire „Atlasul resurselor hidroenergetice din R.P.R." și se fac propuneri pentru studiul celorlalte bazine din țară. În sfîrșit se tratează despre potențialul de suprafață relativ (potențial raportat la un reper oarecare) și se deduc formulele cu ajutorul cărora se poate calcula din potențialul absolut (potențial raportat la nivelul mării).
Energetica 8 (1960) no. 2, p. 76—84

DIN INTREPRINDERI — CRONICA — DIN ACTIVITATEA ASIT — DOCUMENTARE — RECENZII

COMITETUL DE REDACȚIE

Prof ing. **I. D. STANCESCU**, redactor responsabil, conf. ing. **C. MIHĂILEANU**, redactor responsabil adjunct, conf. ing. **I. A. BADEA**, prof. ing. **M. BERCOVICI**, membru corespondent al Academiei R.P.R., laureat al Premiului de Stat, ing. **M. COGALNICEANU**, conf. ing. **E. CONSTANTINESCU**, ing. **P. DIMO**, laureat al Premiului de Stat, prof. ing. **C. DINCULESCU**, membru corespondent al Academiei R.P.R., ing. **I. V. HERESCU**, conf. ing. **N. MOLDOVEANU**, prof. ing. **C. PENESCU**, ing. **T. POPA**, ing. **S. SĂNDULESCU** și ing. **P. VICOL**

Revista „**ENERGETICA**", organ al Asociației Științifice a Inginerilor și Tehnicienilor din R.P.R. și al Ministerului Industriei Grele. Redacția : București, Str. Ion Ghica Nr. 3, Raion Tudor Vladimirescu, Telefon 16.78.78 — Administrația și Casieria : București, Calea Victoriei, Nr. 118, Raion I. V. Stalin. Telefon 14.06.24 — Revista este editată de A. S. I. T. — Abonamentele se primesc la administrația revistei, la sediul filialelor A. S. I. T. din întreaga țară și prin responsabilii cu presa din cercurile A.S.I.T. — Instituțiile pot achita abonamentele pentru biblioteci și cabinetele tehnice în contul nostru de virament : Publicațiile Tehnice A.S.I.T. 070124 B.R.P.R. Filiala I. V. Stalin — București — Tarif pentru întreprinderi : lei 100 anual. — Tarif pentru muncitori, tehnicieni și ingineri : lei 30 anual — Prețul unui exemplar : lei 5 — Tiparul : Intreprinderea Poligrafică Nr. 2, București.

ENERGETICA

ANUL VIII
1960
Nr. 2
FEBRUARIE

ORGAN AL ASOCIAȚIEI ȘTIINȚIFICE A INGINERILOR ȘI TEHNICIENILOR DIN R. P. R.
ȘI AL MINISTERULUI INDUSTRIEI GRELE

MEZŐGAZD. KÖNYVTÁR 1883

Realizări și perspective în domeniul termoficării industriale în țara noastră

Prof. ing. *IOAN D. STĂNCESCU*

Avantajele tehnice și economice ale termoficării industriale, adică a producerii combinate de energie electrică și căldură și folosirea acesteia pentru acoperirea necesităților consumatorilor industriali, sînt sub aspectul lor general, suficient de cunoscute pentru a nu mai fi nevoie de revenit asupra lor.

Cu toate aceste avantaje și unanima ei acceptare principială, în aplicarea și dezvoltarea termoficării industriale apar diferențe sensibile între țări. Ele decurg pe de o parte din orientarea diferită a soluțiilor de bază în funcție de structura generală a economiei respective, dar se datoresc în parte și condițiilor energetice specifice sau stadiului fabricației proprii de echipament energetic, caracteristic unei anumite etape de dezvoltare.

Hotărîtoare în această privință sînt condițiile economiei socialiste, care pe lîngă ritmul susținut al creșterii consumului de energie în sine, oferă și posibilitatea de a urmări o amplasare și concentrare a noilor consumatori favorabilă din punct de vedere energetic cît și de a încadra organic centralele de termoficare respective în sistemul electroenergetic general.

În cele ce urmează se va face o scurtă prezentare a stadiului și perspectivelor termoficării industriale în țara noastră, căutînd a se pune în evidență specificul condițiilor existente și al soluțiilor alese.

1. Dezvoltarea de ansamblu a termoficării industriale

În trecut, înainte de naționalizarea întreprinderilor industriale, existau numai cîteva centrale mici de termoficare industrială, realizate ca centrale proprii ale industriilor respective, mai ales fabrici de zahăr și hîrtie. Ele totalizau în 1948 o putere instalată de circa 90 MW. Dotate cu grupuri mici, de cîțiva MW, în majoritate cu condensație și prize, ele erau concepute să asigure numai alimentarea industriei respective cu energie electrică și funcționau în general izolate.

Cu totul insuficient au fost folosite în trecut mai ales posibilitățile relativ importante de termoficare ale rafinăriilor de petrol, care foloseau de regulă direct abur produs într-un mare număr de cazane mici și neeconomice.

În planul de electrificare elaborat pentru perioada 1951—1960, termoficarea a fost accentuată ca o importantă direcție de dezvoltare a energeticii romînești. Ca urmare în acest interval s-au pus bazele primelor mari centrale de termoficare regionale și s-a raționalizat concepția centralelor de termoficare nou construite în cadrul industriilor consumatoare sau extindere celor existente.

Ținînd seamă și de datele preliminate pentru acest an care încheie prima etapă de 10 ani a planului de electrificare a țării, puterea instalată a centralelor de termoficare industriale va fi de circa 400 MW iar cererea maximă orară de abur industrial de circa 2 000 t/h. Energia electrică produsă de aceste centrale va totaliza circa 1,9 TWh din care jumătate în regim de termoficare. Cota relativ mare de energie electrică produsă în condensație de aceste centrale se datorește ponderii încă accentuate a grupurilor cu condensație și prize în marile centrale de termoficare regionale. Aceasta nu influențează negativ, după cum se va arăta mai jos, eficacitatea lor economică.

Exceptînd centralele foarte mici, cu o putere sub 1 MW și al căror număr este foarte redus, în acest an vor funcționa circa 40 de centrale de termoficare industrială, dintre care

două mari centrale regionale de termoficare vor atinge profilul intermediar de 125 respectiv 50 MW. Celelalte centrale au puteri instalate sensibil mai mici, variind în general între 3 şi 12 MW. Cele mai mari grupuri vor fi de 50 MW cu condensaţie şi prize şi de 25 MW cu contrapresiune. Parametrii cei mai înalţi vor fi de 140 at. 570°C, la cele două grupuri de 50 MW ce vor intra în funcţiune la finele anului.

Cu toate că anul acesta nu se va încărca încă complet capacitatea de debitare de abur industrial a tuturor grupurilor, economia anuală de combustibil ce se va realiza prin termoficare se va cifra la circa 400 000 t combustibil convenţional faţă de alternativa producerii separate a energiei electrice şi a căldurii. În anul 1948 această economie a fost de numai 90 000 t combustibil convenţional.

În ceea ce priveşte perioada de perspectivă, amploarea şi ponderea termoficării industriale se va amplifica avînd ca urmare o creştere substanţială a economiei de combustibil realizată pe această cale.

2. Concepţia de bază în profilarea centralelor de termoficare industrială

Dezvoltarea termoficării industriale în ţara noastră se face urmărind eficacitatea ei maximă din punct de vedere al întregii economii naţionale. În acest scop se caută a se îmbina armonios interesul obţinerii unei economii cît mai mare de combustibil prin eforturi de investiţii adecuate şi la cheltuieli anuale reduse pe partea energetică cu interesele corespunzătoare ale diferiţilor consumatori industriali, ţinînd în permanenţă seama de posibilităţile specifice gradului de dezvoltare respectiv al ansamblului economiei.

Pe linia acestor idei directoare, în funcţie de natura, mărimea şi condiţiile complexe de amplasare ale consumatorilor termici industriali, centralele de termoficare industrială realizate sau proiectate în ţara noastră se încadrează în ceea ce priveşte concepţia lor de bază, în una din următoarele categorii:

— *mari centrale de termoficare*, cu caracter regional în ceea ce priveşte consumul energiei electrice şi deservind cu căldură cîteva mari industrii amplasate în apropiere;

— *centrale de termoficare de mărime mijlocie sau mici*, amplasate la consumatorul industrial pe care îl deservesc cu căldură şi cu energie electrică, şi avînd, datorită părţii lor de condensaţie o oarecare libertate în ceea ce priveşte regimul electric;

— *centrale de termoficare cu grupuri cu contrapresiune*, amplasate la consumatorul industrial de căldură şi a căror putere şi producţie de energie electrică este dictată de regimul de consum termic.

În general dezvoltarea se îndreaptă spre prima şi ultima categorie, folosindu-se în acest scop intens posibilităţile specifice condiţiilor din ţara noastră.

3. Exemple reprezentative

Marile unităţi ale industriei chimice şi petrolifere reprezintă consumuri importante, concentrate şi cu regim foarte constant, care la o amplasare şi grupare raţională pot conduce la mari centrale de termoficare cu unităţi energetice şi parametri egali sau apropiaţi de cei din marile centrale de condensaţie construite după tehnica cea mai nouă.

Prima CET din această categorie o constituie CET Borzeşti, care concepută iniţial pentru o putere finală de 125 MW, corespunzătoare consumului termic al unei rafinării de petrol şi al unui combinat chimic, este în extindere pînă la 225 MW pentru a acoperi cererile de abur şi ale unui combinat de cauciuc sintetic. Este de remarcat că la masiva grupare a consumatorilor termici ce a condus la această mare centrală de termoficare, considerentele energetice au avut un rol important. În special condiţiile favorabile de livrare a aburului şi energiei electrice prin extinderea unei CET existente au contribuit mult la atragerea combinatului de cauciuc sintetic în regiune. Întregul complex industrial fiind nou, în apropiere s-a născut un oraş muncitoresc,

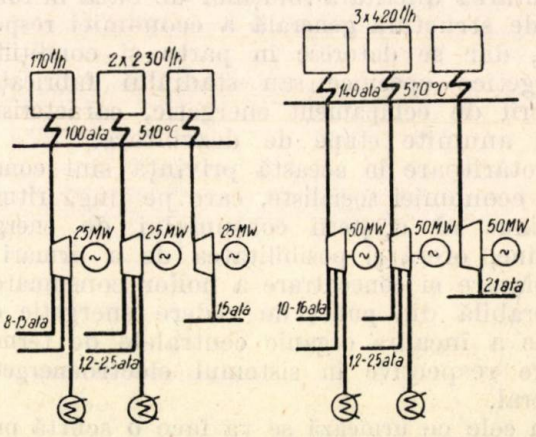


Fig. 1. Schema termică de principiu a CET Regionale Borzeşti.

Oneşti, a cărui alimentare cu căldură se face de asemeni din centrala de termoficare prin conducte la circa 4 km.

Din schema termică a CET Borzeşti, redată în figura 1 reies clar cele două etape caracteristice dezvoltării acestei centrale. În ambele etape s-a realizat combinaţia optimă între grupuri de condensaţie şi prize şi grupuri cu contrapresiune, după cum în fiecare din ele s-a mers la parametrii cei mai înalţi şi grupu-

rile cele mai mari ce se puteau obține la stadiul tehnicei din etapa respectivă.

A doua mare CET regională din această categorie și a cărei construcție este în curs, își datorește baza de consum termic pe de o parte raționalizării alimentării cu abur a unor

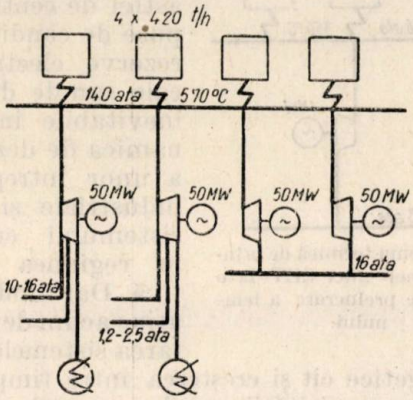


Fig. 2. Schema termică de principiu a CET Ploești

rafinării existente în regiunea de sud a orașului Ploiești iar pe de altă parte extinderii importante a uneia dintre ele. Astfel în prima ei etapă imediată de 100 MW, noua CET înlocuiește producția a peste 100 cazane mici și învechite de joasă presiune, urmînd a prelua pînă în 1965 cînd va atinge 200 MW, întreaga creștere de consum termic. Economia de combustibil ce rezultă din raționalizarea gospodăriei termice a instalațiilor existente este de circa 200 000 t. c.c./an respectiv 300 000 t.c.c./an în 1965. CET Ploiești este astfel proiectată încît poate permite ușor extinderea cu grupuri de contrapresiune de 50 MW. În legătură cu această CET mai este de menționat importanța transportului de abur la grupa mai îndepărtată de consumatori care cu 300 t/h la parametri de plecare de 16 ata și o distanță de transport de 5 km, reprezintă nu numai cea mai mare instalație de acest gen din țara noastră dar și în general una din cele mai interesante realizări existente în acest domeniu.

După cum reiese din schema termică a CET Ploiești redată în fig. 2, structura acestei CET este mai omogenă, întreaga centrală realizîndu-se într-o singură etapă, cu grupuri mari și parametrii înalți corespunzători tehnicei actuale.

În aceeași categorie, deși ca un caz special, se va încadra o viitoare centrală regională a cărei schemă termică de principiu este redată în fig. 3.

Realizarea acestei mari centrale sub această formă mixtă, a rezultat ca soluția cea mai economică pentru alimentarea cu abur a noului combinat și crearea unei baze energetice puternice în Oltenia, folosind rezervele importante de lignit din această parte a țării. Printre factorii determinanți ai soluției alese este de menționat posibilitatea folosirii acelorași parametri înalți, 140 at 570°C, și pentru partea de termoficare a centralei.

În cazul unor consumuri termice mai puțin importante și atunci cînd consumatorii nu pot fi grupați favorabil din punct de vedere energetic, se preconizează CET cu grupuri cu contrapresiune. Prin astfel de grupuri se caută a se valorifica în condiții optime destinderea aburului înainte de a fi trimis în fabricație evitîndu-se în acelaș timp dezavantajele legate de condițiile mult mai defavorabile în care ar lucra eventuale părți de condensație în astfel de centrale față de grupurile puternice din marile centrale din sistem. Dezavantajul dependenței rigide a puterii și energiei electrice produse în regimul de consum termic este ușor compensat prin funcționarea în paralel a centralei respective cu sistemul electric general, la care se poate racorda din ce în ce mai ușor dată fiind rapida extindere a acestuia.

În această categorie s-a construit și este prevăzut a se realiza un număr important de CET, echipate cu grupuri de cîțiva MW. Parametrii respectivi au fost în general de 40 at, 450°C, ori de cîte ori debitele de abur cerute conduceau la instalații economice. Există însă preocupări și studii în curs, în vederea determinării condițiilor folosirii unor presiuni mai mari și pentru aceste centrale, în care caz și fabricația proprie de echipament — cazane și turbine — ce se folosește în general în aceste CET, trebuie orientată corespunzător.

Evident că această categorie cuprinde o gamă foarte largă de debite de abur și de puteri electrice corespunzătoare. În zona limitei superioare este de semnalat o CET a unei rafinării de petrol cu trei grupuri de contrapresiune la 13 at de cîte 6 MW cu parametrii inițiali: 40 at, 450°C. Dat fiind creșterea rapidă a consumului de abur ce a atins deja 400 t/h și mai are încă tendința de creștere cît și posibilitatea racordării și altor consumatori la cîțiva

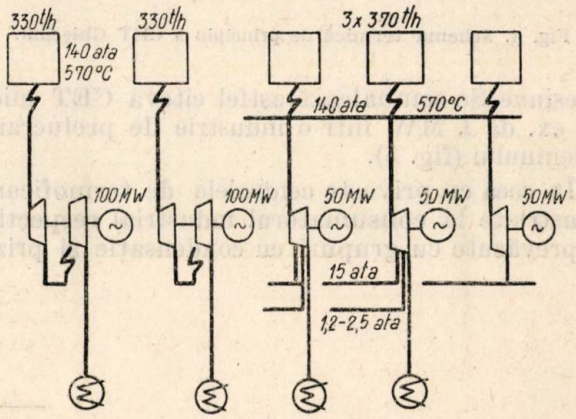


Fig. 3.

km, se studiază acum reprofilarea acestei centrale la parametrii de 140 at 570°C.

Instalația cea mai mare din această categorie va fi fără îndoială noua CET a complexului de prelucrare a stufului de la Chișcani.

În figura 4 este redată schema de principiu luată în considerare pentru această CET, caracterizată prin folosirea în prima etapă a unor cazane recuperatoare ce valorifică corespunzător leșiile reziduale.

La alegerea unei puteri atît de mari numai în grupuri cu contrapresiune au concurat atît continuitatea regimului de consum cît și considerații de a nu instala în plus în condensație puteri într-o regiune relativ depărtată de baze de combustibil adecuate.

În ceea ce privește limita inferioară a acestei categorii de CET, ea nu este suficient definită, studii în curs urmînd a determina soluțiile pentru zona de debite mici de abur și valorile sub care în cazul consumurilor izolate este mai economic a le acoperi direct din cazane de joasă

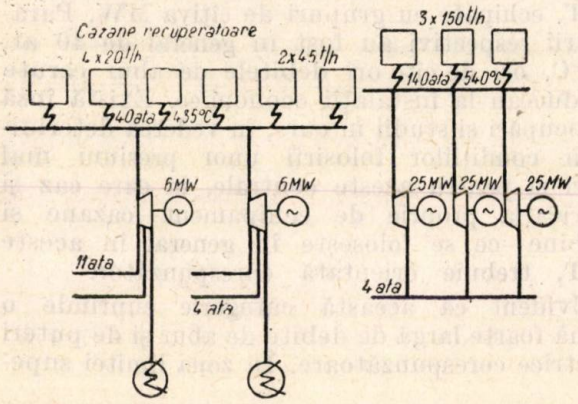


Fig. 4. Schema termică de principiu a CET Chișcani.

presiune. Se semnalează astfel cîteva CET mici de ex. de 1 MW într-o industrie de prelucrare a lemnului (fig. 5).

În ceea ce privește centralele de termoficare construite la consumatorul industrial respectiv și prevăzute cu grupuri cu condensație și prize de puteri relativi mici, ele constituie în țară noastră excepții. În afară de cazurile centralelor vechi realizate în trecut exclusiv în lumina interesului întreprinderii respective, nu au apărut în cadrul planului de electrificare decît cîteva astfel de centrale impuse de condiția unei rezerve electrice locale sau de diferențe inevitabile între dinamica de dezvoltare a unor întreprinderi industriale și cea a sistemului energetic în regiunea respectivă. Dat fiind stadiul atins acum de dezvoltarea sistemelor noastre energetice cît și creșterea între timp sensibilă a economicității marilor centrale cu pură condensație, realizarea de noi centrale industriale în cadrul acestei categorii se va limita la cazuri cu totul excepționale.

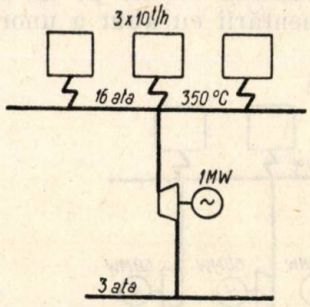


Fig. 5. Schema termică de principiu a unei mici CET la o industrie de prelucrare a lemnului.

4. Concluzii

Termoficarea industrială constituie o importantă direcție de dezvoltare a energeticii românești. În cadrul planului de electrificare pentru perioada 1951—1960 s-au pus bazele primelor mari centrale de termoficare regionale și s-a raționalizat concepția centralelor de termoficare nou construite în cadrul industriilor consumatoare sau extinderea celor existente. Pentru perioada pînă în 1965 este prevăzută o accentuare a termoficării industriale, în cadrul unui program masiv de realizări, acest domeniu păstrîndu-și importante perspective de dezvoltare și după această perioadă.

Dezvoltarea termoficării industriale în țara noastră se face urmărindu-se eficacitatea ei maximă din punct de vedere al întregii economii, cu sprijinul tuturor forurilor de resort și printr-o colaborare din ce în ce mai bună între tehnologi și energeticieni în aplicarea ei.

Contribuţii la studiul condiţiilor de pornire rapidă a cazanelor şi turbinelor din centralele noastre termoelectrice

Ing. *C. DINULESCU*

I. Observaţie preliminară

Studiul de faţă se ocupă în principal de cazanele şi turbinele sovietice de mare presiune (110 at) din centralele noastre, care sînt cele mai importante şi, numai în subsidiar, de cazanele şi turbinele de medie presiune.

De altfel, turbinele din CTE Doiceşti au un timp de pornire relativ scurt, iar cazanelor de 64 at din aceeaşi centrală, precum şi cazanelor de 40 at din CTE Ovidiu şi Comăneşti li se va putea aplica regimul de încălzire ce se va preconiza pentru cazanele sovietice de 110 at.

Unităţile energetice de joasă presiune au în general timpuri de punere în funcţiune foarte scurte şi deci nu e cazul să fie luate în consideraţie.

II. Problema şi posibilităţile de rezolvare

Stabilirea condiţiilor de pornire rapidă a agregatelor energetice revine la stabilirea curbelor de încălzire a acestor agregate, astfel încît să se poată obţine timpurile cele mai scurte de punere în funcţiune, fără ca vreunul din elementele componente ale agregatelor să fie supus unei solicitări anormale. Prin timpul de punere în funcţiune, trebuie înţeles nu numai timpul de aducere la presiunea nominală a cazanului sau de atingere a turaţiei nominale a turbinei, ci şi timpul de încărcare pînă la sarcina nominală, întrucît această a doua fază poate să conducă la solicitări mai ridicate decît prima fază.

Problema pornirii rapide, respectiv stabilirea curbelor de încălzire ar trebui să fie rezolvată prin instrucţiunile de exploatare elaborate de fabricile constructoare.

Dintr-o prudenţă exagerată a acestora şi uneori şi din cauza cunoaşterii imperfecte de către constructori a fenomenelor ce au loc în exploatare, instrucţiunile date odată cu echipamentele livrate prevăd timpuri inutil prea lungi.

Este deci necesar să se ceară fabricilor constructoare instrucţii noi de pornire sau precizarea poziţiei acestora faţă de rezultatele obţinute în diferite centrale şi publicate în revistele de specialitate sau chiar în broşuri ale Ministerului Centralelor Electrice din U.R.S.S.

Pînă la obţinerea răspunsului de la fabrici, vom examina mai amănunţit problema şi vom încerca să stabilim curbele de încălzire necesare, pe baza materialului bibliografic publicat în ultima vreme de diverşi autori sau chiar de fabricile constructoare.

III. Ce aplicaţii are metoda

Metoda îşi găseşte aplicaţii la pornirea după reparaţii capitale sau după orice altă oprire de mai lungă durată, spre exemplu, din ajunul unei sărbători pînă după sărbătoare.

Aplicaţia cea mai frecventă şi cea mai interesantă este însă la repornirea agregatelor energetice după opriri scurte de 6—10 h care sînt impuse de golurile de sarcină din timpul nopţii.

Din cauza instrucţiunilor greoaie de exploatare actuale, soluţia opririi grupurilor la golurile de noapte, nu poate fi aplicată. Reuşind însă să se scurteze timpul de repornire la cca. 1—2 h, aplicarea metodei va aduce avantajele însemnate. Argumentul invocat uneori că manevrarea frecventă a vanelor pentru separarea grupurilor oprite va duce la uzură prematură şi la neetanşeitate, nu are importanţa ce i se atribuie.

IV. În ce constă metoda pornirii rapide

Căile principale pe care se poate obţine scurtarea timpului de pornire sînt trei :

1. Pornirea sau repornirea aproape simultană a cazanului şi turbinei ce formează un bloc, ştiind că :

— la pornirea de la rece, turbina poate fi pornită imediat ce cazanul produce abur, deci la presiunea de 1 at;

— la repornire, turbina poate fi pusă în funcţie imediat ce aburul la intrarea în turbină are o cît de mică supraîncălzire (de ordinul 5—10°C).

2. Ridicarea ritmului de încălzire a metalului corpurilor de rezistenţă (tamburul cazanului, carcasa turbinei, flanşe etc.) pînă la valori la care nu se atinge încă (cu o marjă suficientă) rezistenţa de curgere, a cărei depăşire ar conduce cu timpul la deformări permanente, fisuri, neetanşeităţii, atingeri în labirinţi sau la palete etc.

3. Înlănţuirea tuturor operaţiunilor ce se pot face simultan la cazan, conducte, turbină, generator (manevre de vane, pornire de pompe, drenări, aerisiri etc.) şi suprimarea unor operaţii care s-au dovedit fără valoare, spre exemplu : încălzirea prelungită a turbinei la 400 t/m şi la 1200 t/min, funcţionarea prelungită în gol etc.

V. Solicitările ce au loc la pornire rapidă și mijloacele de limitare

Elementele mai sensibile ale agregatelor care sînt supuse la solicitări suplimentare la o pornire rapidă sînt următoarele :

A. Tamburul cazanului.
B. Supraîncălzitorul.
C. Carcasa turbinei.
D. Labirintul din fața turbinei.
E. Rotorul turbinei.
F. Flanșa carcaselor compuse din 2 jumătăți.

Natura și mărimea solicitărilor rezultate din pornire rapidă sînt următoarele :

A. *Tamburul cazanului*

O încălzire rapidă a cazanului antrenează o creștere a diferenței de temperatură între interiorul și exteriorul peretelui tamburului, care la rîndul ei provoacă tensiuni pe fața exterioară și compresiuni pe cea interioară.

Aceste solicitări au loc în ambele sensuri axial și tangențial și deci pe fața exterioară ele se adaugă la tensiunile axiale și tangențiale rezultate din presiunea interioară a cazanului.

Solicitările suplimentare sînt evident cu atît mai mari, cu cît peretele este mai gros (spre exemplu : fundurile tamburului) și cu cît ritmul de încălzire este mai susținut.

Formulele de calcul ale acestor solicitări și valoarea lor sînt arătate în [1].

La un ritm de încălzire de ordinul 55°C/h (creșterea temperaturii de saturație) Δt_{int}^{ext} este de ordinul 10°C și la acest Δt corespunde o solicitare de cca. 220 kg/cm², respectiv de 220/2 100 = 10 % din limita de curgere a metalului 15 M din care sînt executați tamburii [1].

Consecințele unei astfel de solicitări suprapuse peste alte solicitări suplimentare (spre exemplu : din Δt pe perimetru) și peste cele din exploatarea normală, pot să conducă la deformări permanente (în cazul depășirii limitei de curgere), la fisuri sau la stricarea etanșeității vălțuirilor.

O viteză de încălzire de 83°C/h folosită în străinătate la cazane de 127 at n-a dat loc la nici o defecțiune și deci poate să fie aplicată fără risc [1].

Cercetări mai recente și mai amănunțite [2] au dovedit teoretic și practic că viteza de încălzire poate să fie ridicată pînă la 120°C/h ; la acest ritm de încălzire, Δt_{max} măsurată la fundurile tamburului (s=160 mm) atinge 50°C.

În afară de Δt în grosimea peretelui, cu consecințele arătate, o încălzire rapidă antrenează o diferență de temperatură pe perimetrul tamburului și anume jumătatea superioară a tamburului în contact cu aburul capătă o temperatură superioară celei inferioare scăldată de apă. Diferența de dilatare antrenată de această Δt, conduce la tensiuni axiale suplimentare în jumătatea inferioară care se suprapun celorlalte tensiuni existente în acea zonă. Cu cît ritmul de încălzire este mai rapid, cu atît Δt pe perimetru este mai mare. Explicația acestei dependențe este următoarea :

Coeficienții de transmisie a căldurii de la cele 2 medii abur, apă, la metal sînt foarte diferiți în faza inițială de încălzire și anume : cînd presiunea este încă inferioară valorii de 10 at și cînd apa este încă practic în nemișcare coeficientul de transmisie abur — metal este de ordinul 6000 kcal/m²h°C, iar cel apă — metal este de ordinul 1 200 kcal/m²h°C.

Este evident că în aceste condiții, jumătatea inferioară scăldată de apă se încălzește mai încet decît cea superioară și deci apare Δt pe perimetru. Către sfîrșitul încălzirii, din cauza creșterii presiunii și a circulației apei, coeficienții de transmisie ai celor două medii se egalează practic și deci și Δt scade.

Osipovschi [1] arată că Δt care atinge 52°C la presiunea de 10 — 15 at scade la 5—10°C cînd presiunea atinge 60 at. Același autor mai arată că la metoda de pornire rapidă practicată în străinătate cu viteza de 83°C/h, Δt între generatoarea superioară și cea inferioară poate să atingă 20°C care provoacă o tensiune suplimentară de ordinul 600 kg/cm² și care combinată cu celelalte solicitări duce la o solicitare totală de cca. 800 kg/cm², respectiv 800/2200 = 36 % din rezistența de curgere a metalului. Modul de calcul al solicitărilor este arătat în [1].

Deși solicitările rezultate din Δt pe perimetru pot să atingă valori mai mari decît cele rezultate din Δt în grosime, ele sînt mai puțin periculoase, pentrucă așa cum s-a arătat mai sus, ele apar la începutul încălzirii (cînd presiunea interioară fiind redusă, solicitarea totală este mică) și scad pe măsură ce crește presiunea.

Trebuie remarcat că neuniformitatea temperaturii în lungul și pe perimetrul tamburului (și în special la capete) poate să atingă valori mult mai mari din alte cauze independente de regimul de încălzire : depuneri de nămol la capete, necirculația apei la capete atîta timp cît cazanul nu debitează abur.

Prima din aceste cauze poate fi remediată prin evitarea depunerilor (controlul mai riguros al apei de alimentare) și curățirea periodică a celor ce nu pot fi total evitate, iar a II-a prin dispozitive simple care să asigure circulația apei la capete chiar la debite mici de abur.

Contopind solicitările rezultate din cele două Δt, se ajunge la următoarele concluzii [2] :

La o conducere rațională a încălzirii cu o viteză de 140°C/h, nu apar diferențe de temperaturi mai mari decît cele constatate în exploatarea normală. Totuși, pentru a nu depăși Δt = 50°C în grosimea peretelui, care la cazanele sovietice P.K. — 10, P.T. — 170 (identice cazanelor din Paroșeni, Borzești și Fîntînele) este atinsă în fundurile tamburilor (s =160 mm), se recomandă să nu se depășească ritmul de 125°C/h.

Plecînd dela această constatare precum şi de la faptul că, constructiv tamburii se aseamănă chiar la cazane de tip diferit, se recomandă [2] în general un ritm de încălzire care este redat în curba din fig. 1 şi care trebuie să fie însoţit

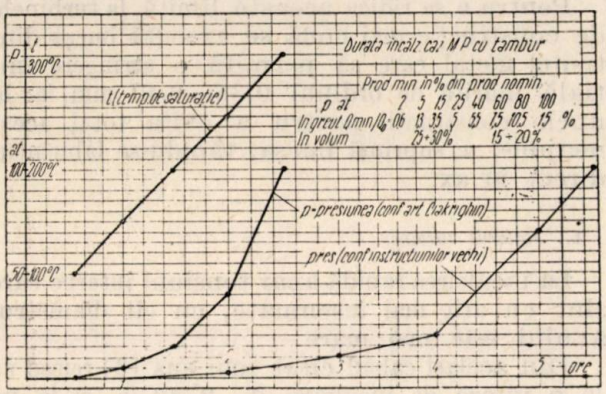


Fig. 1.

de o debitare minimă de abur (necesară de altfel şi pentru protecţia supraîncălzitorului) egală în volum cu 20—30% din debitul nominal al cazanului, respectiv în greutate cu următoarele % din debitul nominal în t/h :

Pres. at	2	5	15	25	40	60	80	100
Debit %	0,6	1,3	3,5	5,0	5,5	7,5	105	15

O condiţie importantă în aplicarea unui astfel de ritm de încălzire este menţinerea în perfectă stare a izolaţiei tamburului şi în special la capete, pentrucă orice defecţiune a izolaţiei conduce la creşterea lui Δt, respectiv a solicitării.

B. *Supraîncălzitorul*

Teoretic, un regim de încălzire rapidă a cazanului poate să conducă la o încălzire anormală a metalului ţevilor de supraîncălzire din cauza unui debit caloric mărit şi din cauza unui debit redus de abur (viteza mică a aburului în ţevi şi deci răcire insuficientă). Practic însă la cazanele cu supraîncălzitor de convecţie, nu există un astfel de pericol [2]. Şi prin calcul direct se poate dovedi că, chiar la un ritm de încălzire de ordinul 120°C/h, temperatura metalului ţevilor celor mai expuse ale cazanului P.K. —10 (Paroşeni) nu depăşeşte 530°C, dacă supraîncălzitorul este străbătut de un debit de cca. 15%, debit care este necesar şi pentru limitarea Δt la tambur.

De altfel, cu ajutorul termoelementelor montate pe ţevile cele mai solicitate se poate urmări uşor şi sigur temperatura metalului.

C. *Carcasa turbinei*

1. Solicitări rezultate din neuniformitatea temperaturilor în carcasă. În timpul funcţionării turbinei, carcasa este supusă la diferenţe de temperaturi importante în lungul ei, dar care nu dau solicitări importante şi la diferenţe de temperaturi neînsemnate pe perimetru şi în grosimea peretelui. În faza de pornire pot să apară însă Δt în grosime destul de mari care depind de :

— viteza de creştere a temperaturii aburului ;
— grosimea peretelui ;
— calitatea şi starea izolaţiei ;
— coeficientul de transmisie abur — metal care la rîndul său depinde de starea aburului : saturat sau supraîncălzit, iar în ultimul caz de presiunea, temperatura şi viteza aburului.

Spre deosebire de modul cum are loc încălzirea tamburului cazanului (prin condensarea aburului) încălzirea carcasei turbinei se face prin convecţie de la abur supraîncălzit şi deci coeficientul de transmisie creşte la ridicarea presiunii de unde rezultă :

— viteza de încălzire a metalului este superioară celei de creştere a temperaturii aburului ;

— solicitarea suplimentară din Δt creşte simultan cu solicitarea din presiunea interioară.

La aceasta trebuie observat însă că Δt atinge valoarea maximă cînd presiunea interioară este încă redusă (cca. 1/3 din presiunea nominală).

Dintr-un calcul şi dintr-o serie de măsurători de lungă durată [3] făcute asupra unei turbine de 50 MW 64 at, 490°C, de construcţie engleză (Metropolitan Vickers) se pot trage următoarele concluzii :

a) la o viteză de creşterea temperaturii aburului la intrarea în turbine de 278°C/h, Δt a atins 22°C în peretele gros de 75 mm, iar solicitarea calculată era de 540 kg/cm² (faţă de 1550 kg/cm, cît este σ admisibil ;

b) viteza maximă de creştere a temperaturii metalului în zona ajutajelor, în perioada de creştere a sarcinii a atins cca. 8°C/min (adică aproape dublul celei a aburului).

c) la controlul făcut după o perioadă de 2 ani cu opriri frecvente şi reporniri cu ritmul arătat, nu s-au găsit niciun fel de deformaţii, atingeri etc. ;

d) limitînd viteza de încălzire a aburului la 278°C/h se exclude în general posibilitatea apariţiei unei transmisii de căldură intensă. Se poate merge şi mai departe şi spune : la turbinele bine construite (ca concepţie, dimensiuni, metal etc.) nu există riscul de apariţie a unor solicitări periculoase la niciun regim de pornire realizabil practic cu singura condiţie ca aburul să nu fie umed la intrarea în turbină.

Această certitudine se bizuie pe următoarele fapte :

— la pornirea bloc, nu există pericolul unei creşteri rapide a temperaturii aburului, ci din contră este nevoie de măsuri speciale pentru obţinerea creşterii dorite ;

— la pornirea separată a unei turbine pe magistrală, conducta de legătura de la magistrală

la turbină joacă rolul de tampon și deci la debitul mic de abur cerut de turbină și de instalațiile auxiliare creșterea temperaturii nu poate fi periculoasă;

— în ceea ce privește condiția ca aburul să nu fie umed la intrare se poate vedea ușor că, dacă conducta este drenată și aburul are o ușoară supraîncălzire, prin laminarea în ventilul de pornire sau în supapele de reglaj, supraîncălzirea relativă crește încă.

Picături de apă pot să apară numai la intrarea în labirintul din față și numai în cazul pornirii de la rece;

e) pentru a atinge viteza maximă de încălzire a întregii carcase și fără risc este preferabil să se realizeze încălzirea nu cu creșterea constantă a temperaturii aburului, ci să se regleze astfel încît diferența de temperatură între abur și metal să nu conducă la solicitări periculoase.

2. *Deformarea carcaselor compuse din două jumătăți îmbinate prin flanșe.* Din cauza decalajului (în timp) de încălzire între interiorul și exteriorul carcasei combinat cu acela dintre interiorul și exteriorul flanșelor în plan orizontal, apar deformări care repetate duc la deformări permanente ale carcasei și flanșelor cu riscul de atingeri radiale în labirinți [4].

Acest risc se atenuează prin încălzirea flanșelor, iar la construcțiile mai noi prin executarea corpului de mare presiune din două carcase concentrice din care cel interior nu are flanșe.

D. *Labirintul din față al turbinei*

La scurgerea aburului prin labirint, bucșa interioară fixată prin strîngere la cald pe ax se încălzește mai repede decît axul. Dacă diferența de temperatură depășește o anumită valoare strîngerea inițială a bucșei încetează. Devenind liberă pe ax, contactul între aceasta și bucșă se face numai pe o generatoare, transmisia căldurii în zona acesteia se face mai intens decît în rest și deci axul se încălzește inegal, se îndoaie și dă loc la vibrații în timpul încălzirii.

Pentru o mai bună cunoaștere a acestui fenomen care are o mare importanță în mersul liniștit al turbinei în timpul încălzirii, vom arăta printr-un calcul sumar temperatura la care devine posibilă eliberarea bucșei la o turbină VK — 50 cu diametrul axului $Ø = 400$ mm și cu bucșa executată dintr-un metal avînd $E = 2{,}10^6$ kg/cm².

Solicitarea mecanică din strîngere fiind limitată la 1 250 kg/cm² pentru ca împreună cu cea rezultată din forța centrifugă de ordinul 150 kg/cm² să nu depășească limita de curgere (păstrînd încă o marjă de siguranță), rezultă că strîngerea inițială de montaj trebuie să fie:

$$\varepsilon = \frac{\sigma}{E} = \frac{1\,250}{2 \cdot 10^6} = 0{,}625\ ‰ \text{ respectiv}$$

$$= 0{,}625‰ \cdot 400 = 0{,}25 \text{ mm},$$

care se anulează la o diferență de temperatură Δt determinată prin relația:

$$\Delta Ø = Ø \cdot \alpha \cdot \Delta t = 400 \cdot 1{,}2 \cdot 10^{-5} \cdot \Delta t = 0{,}25$$

de unde $\Delta t = 50°C$.

Pentru a se ridica această limită, la turbinele de construcție mai nouă se execută bucșa dintr-un metal care să permită o strîngere inițială mărită de ordinul 0,35—0,40 mm, iar la unele construcții pentru a evita total acest neajuns, se suprimă bucșa, tăindu-se labirintul direct în ax.

E. *Rotorul turbinei*

La încălzirea rapidă apar tensiuni interne care sînt cu atît mai însemnate, cu cît diametrul axului este mai mare.

Din același calcul citat mai sus [3] reiese că la o viteză de încălzire de 278°C/h, și la un coeficient mediu de transmisie de 500 kcal/m² h°C tensiunile născute într-un ax de 400 mm sînt de ordinul 1 150 kg/cm² și cresc la 1,35. 1 150 = 1 530 kg/cm² dacă viteza de încălzire s-ar dubla (556°C/h).

F. *Dilatarea diferită a rotorului față de stator*

Rotorul aflîndu-se în mijlocul fluxului de abur se încălzește mai repede decît statorul și deci există tendința de micșorare a jocului din spatele paletelor rotorice.

Practic s-a stabilit totuși că diferența de dilatare axială nu include niciun risc de atingere. Pentru controlul acestui risc, la turbinele moderne se prevede un indicator de dilatare relativă rotor — stator.

G. *Flanșa de îmbinare a celor două jumătăți ale corpului turbinei*

Diferența de temperatură dintre flanșe și buloane provoacă tensiuni suplimentare în buloane de natură să limiteze viteza de încălzire a turbinei, dacă turbina nu dispune de un mijloc de încălzire a buloanelor în timpul pornirii. Criteriul de orientare în limitarea solicitărilor este controlul diferenței de temperatură între buloane și flanșe. În exploatare, un astfel de control fiind greoi, se stabilește în prealabil prin măsurători speciale corelația între această Δt și viteza de încălzire și apoi în exploatare se respectă această viteză de încălzire.

H. *Îmbinările cu flanșe ale conductelor de abur*

Conducte de mare presiune se încălzesc în exploatarea normală cu o viteză de cca. 3°C/min. La o viteză ridicată pînă la 8°C/min., Δt între buloane și flanșe atinge cca. 40°C, care antrenează o solicitare suplimentară de ordinul 800 kg/cm². Limita de curgere a oțelului de buloane (E.I. — 10) la temperatura de 500°C fiind

de 4 500 kg/cm² înseamnă că solicitarea suplimentară în timpul încălzirii rapide atinge 800: 4500 = 18%.

VI. Cifre de control pentru prevenirea solicitărilor anormale

Pentru echipamentele sovietice sînt valabile următoarele cifre medii extrase din instrucțiunile fabricilor constructoare sau din diferite alte surse.

Turbine sovietice	Valori admisibile	Valori atinse la încercări de P.R.
1. Viteza de încălzire a supapei automate	4°C/min	4,2°C/min
2. Dilatarea relativă rotor-stator.	3,5 mm	2,3 mm
3. Diferențe de temperaturi :		
— generatoare super-gen.infer.	50°C	30°C
— bucșa labirint — ax	60 "	70 „
— flanșă — buloane	50 „	50 „
— cilindru — flanșă	140 „	140 „
— în grosimea flanșei	120 „	110 „
Cazane sovietice		
1. Diferența de temperatură la tambur :		
— generatoarea super-generatoarea infer.	50°C	50°C*)
— în grosimea peretelui	50 „	20 „
— în grosimea fundurilor	50 „	—

VII. Criterii practice de urmărire a încălzirii

O bună parte din cifrele de control pot fi urmărite în timpul încălzirii destul de ușor și de sigur. Altele, cum ar fi Δt la bucșă labirintului din față sau Δt la flanșa caracasei, și care sînt determinante în stabilirea regimului de încălzire, nu pot fi controlate ușor și sigur în exploatare. Pentru acest motiv fabricile constructoare aleg un element de orientare spre exemplu :

— L.M.Z. : temperatura unui punct bine precizat pe carcasă ;

— alte fabrici (spre exemplu S.S. și BBC): diferența între temperatura aburului în supapa automată și aceea a metalului dintr-un punct bine definit al carcasei.

Corelația între variația elementului de orientare și comportarea elementelor celor mai expuse se stabilește prin încercări foarte amănunțite în atelierele fabricilor constructoare pentru fiecare tip de turbină.

Rezultatele unor astfel de încercări efectuate de L.M.Z. [5] pentru turbinele V.K. — 50 și VPT — 25 (existente în centralele noastre Paroșeni, Fîntînele și Borzești) sînt redate pe scurt mai jos, pentru cazul pornirii la parametri nominali :

1. Efectiv, încălzirea turbinei are loc la încărcare.

2. Pornită de la rece turbina se încălzește neînsemnat la viteza redusă, iar *la pornirea din stare caldă, turbina chiar se răcește și deci în acest caz este irațională menținerea la viteza redusă.*

3. La labirintul de față poate să apară diferențe de temperatură periculoase (pînă la 110°C la pornirea de la rece și pînă la 70°C la pornirea din stare caldă) între ax și bucșa labirintului fixată pe ax.

4. Diferențele de dilatare între rotor și stator sînt cu mult mai mici decît spațiile din labirinți și dintre palete.

5. Criteriul principal al regimului de încărcare al turbinelor V.P.T. — 25, V.K. — 50 (cu labirintul rotoric, realizat ca bucșă fixată pe ax și nu tăiat direct pe ax) este diferența de temperatură la labirintul din față între ax și bucșa interioară a labirintului. La o strîngere normală a acestei bucșe pe ax de 0,35—0,40 mm strîngerea încetează la o diferență de temperatură de 50—60°C și deci atingerea unei diferențe superioare acestei valori poate să conducă la avarii.

Aplicarea acestui criteriu nu este însă posibilă în exploatare din cauza imposibilității de urmărire a diferenței de temperaturi în labirint. Pe baza încercărilor făcute și luînd ca element de orientare temperatura cilindrului în jumătatea inferioară, s-a stabilit regimul de creștere a vitezei și a sarcinii astfel încît să nu fie depășită valoarea limită de 50—60°C a diferenței de temperatură în labirint.

Practic, diferitele regimuri sînt precizate sub forma de tabele în funcție de temperatura cilindrului din momentul începerii operației respective. Punctul de măsură este pe generatricea inferioară a cilindrului și în planul supapelor de reglaj, în zona treptei de reglare.

6. La pornirea din sare caldă, influență hotărîtoare asupra regimului de pornire poate să aibă deformarea cilindrului ; prin încercările făcute s-a stabilit însă că n-au avut loc atingeri radiale între labirinții diafragmelor la regimurile cercetate.

7. Recomandări pentru pornirea turbinelor de presiune ridicată :

a) La pornirea din stare caldă, diferența de temperatură între jumătatea superioară și inferioară în zona treptei de reglare să nu depășească 50°C ; în caz contrar se prelungește timpul de oprire pînă la atingerea valorii de 50°C.

b) Durata mersului în gol este condiționată de atingerea temperaturii de 165°C — 175°C la jumătatea inferioară a cilindrului ; aceste valori pot fi atinse la cca. 30 min. de mers în gol, în cazul pornirii de la rece. Prelungirea mersului în gol peste temperatura de 175°C nu este rațională, iar cuplarea generatorului înainte de atingerea valorii de 165°C poate să aibă drept consecință diferențe mari de temperatură în timpul încărcării. Dacă la atingerea vitezei de 3000 t/m, temperatura cilindrului depășește 170°C, timpul de mers în gol se poate scurta la 10 min.

* Este interesant de semnalat că conform [6] la pornirea normală această diferență de temperatură atinge valori mai ridicate : 80÷90°C.

cît este necesar pentru ascultarea turbinei, sincronizării, etc.

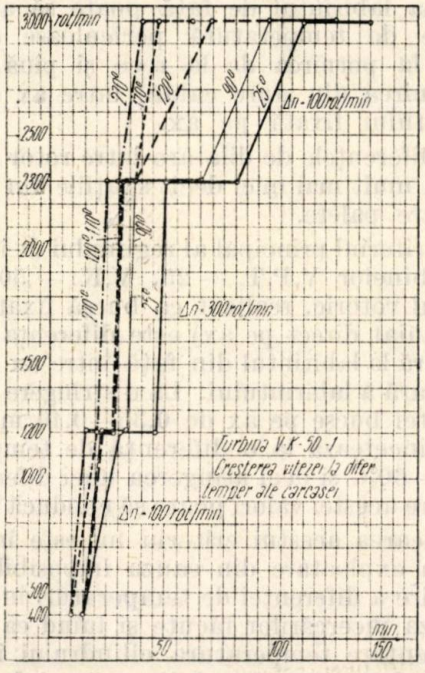


Fig. 2.

8. Cu regimurile noi de pornire, durata necesară pornirii scade la mai puțin de jumătate din cea stabilită prin instrucțiunile vechi.

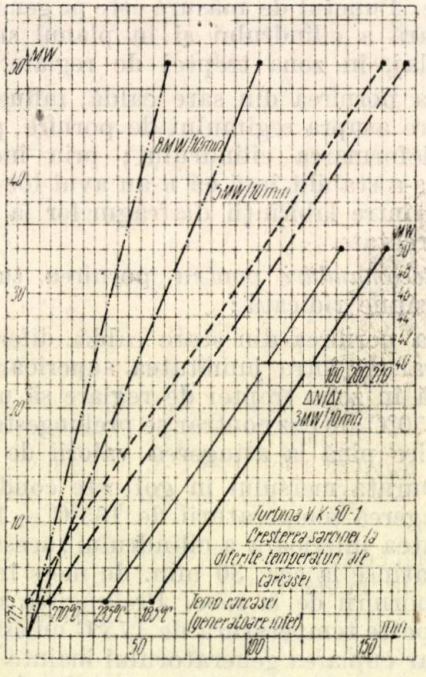


Fig. 3.

Diagramele de pornire și de încărcare pentru turbinele V.K. 50—1 se pot vedea în fig. 2 și 3.

VIII. Măsurări speciale pentru scurtarea timpului de repornire după oprire de scurtă durată

În general aceste măsuri au rolul de a menține în stare caldă cazanul, conducta de legătură și turbina și de a limita diferențele de temperaturi, care la repornire ar putea provoca fie solicitări exagerate, fie vibrații. Astfel de măsuri au aplicație în special la următoarele elemente.

1. *Tamburul cazanului.* Contrar părerii curente, răcirea tamburului la oprirea unui cazan, are loc nu atît către exterior, ci către interior [6]. Comparînd timpul de răcire exclusiv către exterior stabilit prin calcul cu cel efectiv se constată că primul este de 4—5 ori mai lung decît al doilea și deci cedarea căldurii către mediul interior este calea principală de răcire a cazanului. Mecanismul cedării căldurii către interior este următorul : atît în timpul celor 30—50 min. de suflare prin supraîncălzitor (pentru răcirea acestuia conform P.E.T.) cît și ulterior cînd supraîncălzitorul joacă rol de condensor, prin evaporare, temperatura apei din tambur și din întreg sistemul fierbător, scade răcind tamburul, ecranul și căptușeala refractară apropiată de ecrane.

Rezultă de aci că pentru limitarea răcirii cazanului, deosebit de grija de a menține în stare bună izolația tamburului și în general a cazanului, trebuie respectate și următoarele măsuri :

a) Închiderea cît mai etanșă a circuitului de gaze arse pentru a reduce la minimum răcirea prin ventilație.

b) Limitarea la strictul necesar (stabilit prin urmărirea temperaturii metalului țevilor) a debitului de abur suflat prin supraîncălzitor.

2. *Carcasa turbinei.* Ca și la tamburul cazanului, simultan cu răcirea către exterior, are loc și o răcire a carcasei către interior prin radiație către ax (care cedează mai departe căldura în lagăre) dar mai ales prin pătrundere de aer rece pe la labirinți care prin convecție transportă căldura de la jumătatea inferioară la cea superioară [4]. Acest proces de diferențiere a temperaturii poate fi combătut prin „ventilație", învîrtind rotorul cu virorul la o viteză mărită, de ordinul 30 rot/min — 100 rot/min.

Răcirea către exterior mai intensă a jumătății inferioare se mai explică atît prin faptul că această parte este supusă influenței temperaturii mai scăzute a subsolului sălii mașinilor cît și prin posibilitățile de răcire mai ample prin diferitele ștuțuri, drenaje, racorduri la prize etc.

Este deci necesară menținerea intactă a izolației în general și în special a părților inferioare ale carcasei. Pe de altă parte folosirea unei bune izolații (nu saltele demontabile ci izolație bloc) nu numai că atenuează Δt dar împiedică răcirea în total a caracasei și deci face posibilă repornirea într-un timp mai scurt [4].

IX. Pornirea bloc, avantaje și posibilități de aplicare în centralele noastre

Pornirea bloc, fie de la rece, fie în stare caldă, este aplicația cea mai interesantă de pornire rapidă, fiindcă :

a) Dînd posibilitatea încălzirii nu în serie ci simultan a cazanului, a conductei și a turbinei se obține o însemnată reducere a duratei totale de pornire.

b) Crescînd de la început debitarea de abur, se reduce Δt pe perimetrul tamburului și deci se micșorează solicitarea maximă a acestuia.

c) Încălzirea turbinei (creșterea vitezei și a sarcinii) făcîndu-se cu debit mărit de abur dar de nivel scăzut, încălzirea este mai lină și deci și solicitările maxime mai reduse.

d) Antrenează scăderea pierderilor de căldură și de condensat prin reducerea la minimum a suflării supraîncălzitorului și drenării conductei.

Metoda poate fi aplicată în termocentralele noastre mari Doicești, Fîntînele, Paroșeni, Borzești în care deși există și o magistrală de ajutor, se pot realiza și legături directe. Rămîne să se vadă dacă vanele de separare vor fi destul de etanșe sau dacă manevrarea lor frecventă va duce la o uzură prematură.

Pentru pornirea bloc de la cald după opriri nu mai lungi de 4—6 h, nu este nevoie de nici o lucrare de completare, pentrucă presiunea reziduală în cazane va fi suficientă pentru pornirea (minimum necesar cca. 30 at) turbopompei de ulei fără de care nu s-ar putea deschide supapa automată a turbinei (presiunea minimă la ulei 4,6 at).

Pentru pornirea bloc de la rece este necesară o racordare între turbinele învecinate printr-o conductă de Ø 50 mm.

X. Aplicarea metodei de P.R. în alte țări. Particularitățile ei și rezultate obținute

1. *In U.R.S.S.* Pînă la începutul anului 1958 se experimentase în U.R.S.S. și se pusese la punct metoda pornirii rapide în 7 termocentrale cu diverse tipuri de cazane și turbine pînă la 150 MW de presiuni înalte și foarte înalte cu sau fără supraîncălzire intermediară [7].

Fără a se depăși cifrele de control impuse de fabricile constructoare, se obține reducerea timpului de pornire la a treia parte și uneori și solicitări mai reduse față de sistemul obișnuit de pornire.

2. *Anglia.* Turbina de 50 MW, cu parametri apropiați de cei ai turbinelor Doicești. Particularitățile metodei [3] și rezultatele obținute sînt :

a) Criteriul de încălzire : Δt între abur și metalul carcasei la intrarea aburului — 140°C.

b) La o pornire bloc după o oprire de 12 h, succesiunea operațiilor a fost :

— aprinderea focului la cazan	6,30
— pornirea turbinei	6,50
— sincronizarea	7,15
— atingerea sarcinei de 25 MW	7,35.

c) Pornirea turbinei n-a fost precedată de o încălzire a conductei de legătură ceea ce n-a avut altă consecință decît scăderea temperaturii carcasei cu cca. 20°C timp de cca. 15 min.

d) Creșterea vitezei a avut loc sigur și lin.

e) Presiunea în cazan ajunge la valoarea nominală abia cînd turbina a ajuns la 3 000 rot/min.

f) Sarcina ajunge (în cca. 1 h de la aprinderea focului) la 50% înainte ca temperatura aburului să ajungă la valoarea nominală.

N.B. Trebuie remarcat însă că turbina respectivă are posibilitatea de încălzire a flanșei și deci aceasta nu intervenea în limitarea vitezei la încălzire.

3. *R.F.G.* și *Elveția.* Construcțiile turbinelor din aceste țări fiind relativ diferite de cele ale turbinelor noastre (și în special aceea a turbinelor S.S. concepute în mod special pentru pornire rapidă, cu două carcase concetrice) nu vom arăta decît particularitatea criteriului de încălzire.

a) *Turbinele S.S.* Regimul de încălzire este caracterizat printr-un gradient al temperaturii metalului descrescător continuu, ceea ce la același timp total de pornire de cca. 2 1/2 h conduce la o scădere a solicitării maxime pînă la 40% din aceea atinsă la regimul obișnuit.

b) *Turbinele B.B.C.* Regimul de încălzire este caracterizat printr-un „șoc" termic (creștere bruscă a diferenței de temperatură urmată de o creștere mai înceată) care scurtînd durata de creștere a vitezei, reduce — la aceeași durată totală de pornire și încărcare —solicitarea maximă la 40% față de regimul obișnuit.

XI. Concluzii

1. Pentru pornirea rapidă a cazanelor de mare presiune, condițiile de încălzire sînt destul de clare și deci n-ar mai fi nevoie să se consulte fabricile constructoare. Pentru mai multă siguranță ar fi totuși util avizul pentru următorul regim limită care este în același timp și suficient și nepericulos.

a) *Cazanele de 110 at. din U.R.S.S.* : 100°C/h pînă la 60 at și apoi, 120°C/h, debitul de abur în timpul încălzirii fiind cel indicat în text (capit. V.A.)

Pentru control suplimentar se vor urmări temperaturile generatoarelor superioară și inferioară în planul mediu al tamburului.

b) *Cazanele de 64 at din C.S.R.* 80°C/h pînă la cca. 40 at și apoi 100°C/h debitul de abur în procente fiind același ca la cazanele sovietice.

2. Pentru pornirea rapidă a turbinelor de mare presiune, deși se cunosc destul de bine fenomenele și solicitările ce au loc, este totuși

necesar să se obțină avizul fabricilor constructoare.

3. Pornirea bloc de la cald fiind cea mai interesantă în condițiile noastre și necomportînd completări de instalații ar putea fi experimentată în centralele Fîntînele și Doicești în cadrul recomandărilor de care dispunem.

Evident că încercarea trebuie să fie făcută cu atenție și numai după ce se vor monta instrumentele necesare de control și după ce se vor preciza detaliile de efectuare a încercării.

Bibliografie

[1] Osipovski: *Exploatația barabanîh Kotlov visocovo davlenia*, Gosenergoizdat.
[2] Ceagkrîghin: Teploenerghetica, 3 (1959).
[3] Hall I. S.: The Metropolitan — Vickers Gasette, vol. XXV, 1954, nr. 423.
[4] Hass H. și Trasal W.: Siemens, 9 (1958).
[5] Gorelkin N. M.: Energomașinostroenie, 12 (1957).
[6] Vnukov A. R.: Teploenerghetica, 10 (1958).
[7] Krusel G. E. și Procopenko A. G. Teploenerghetica, 1 (1958).
[8] Varicev: Teploenerghetica, 10 (1957).
[9] M. E. C.: Informaționîie soobșcenie nr. T — 4 (1957).

Rezultate obținute la măcinarea lignitilor cu moara-ventilator construită în R.P.R.

Ing. *N. PĂNOIU*, ing. *G. SINGER* și ing. *I. CARABOGDAN*

Pregătirea prafului de cărbune în centralele termoelectrice alimentate cu cărbune inferior constituie una din problemele mari ale arderii acestora în stare pulverizată. După cum rezultă și din literatura recentă [1], problema măcinării apare cu atît mai grea cu cît cărbunele brun tinde spre lignit sau este amestecat cu lignit. Țara noastră posedă rezerve mari de cărbuni tineri, în special lignit și ca urmare a acestei situații, acesta va constitui în viitor baza de combustibil pentru centralele termoelectrice din R.P.R.

În tehnica arderii lignitilor există numeroase lacune, care au condus de multe ori la alegerea unor soluții necorespunzătoare [2]. Pentru rezolvarea problemelor specifice lignitilor, care să conducă la ridicarea nivelului tehnic al instalațiilor de cazane, trebuie efectuate cercetări intense în domeniul măcinării și arderii. În diferitele țări posesoare de zăcăminte de cărbune inferior s-au studiat și s-a căutat să se folosească instalații care să conducă la o măcinare corespunzătoare a acestora, cu un consum specific de energie și de metal redus și care să permită totodată realizarea unei scheme simple de măcinare. Astfel, pentru măcinarea cărbunilor inferiori, au fost folosite mori cu bile (U.R.S.S., C.S.R., R.P.B.), mori cu ciocane (U.R.S.S., R.D.G., R.F.G., R.P.R.) și mori ventilator (R.D.G., U.R.S.S., R.F.G.).

Încercările întreprinse de către Institutul de energetică pe diverse instalații de măcinare din țară au demonstrat că morile cu ciocane nu rezolvă în bune condiții problema pregătirii prafului de lignit: finețea de măcinare este redusă și scade repede în funcție de uzura ciocanelor, uzura este rapidă și consumul de energie electrică mare [2], [3]. Cercetările de laborator au arătat de asemenea că lignitul din R.P.R. prezintă rezistența de măcinare cea mai mare, coeficientul de macinabilitate a lignitilor fiind mult mai scăzut decît al altor combustibili din țările vecine [4].

Bazați pe lucrările de mai sus și pe faptul că lignitul conține o cantitate mare de materii volatile, cercetările au fost îndreptate spre introducerea unor sisteme simple, la care sfărîmarea materialului se face prin lovire la o viteză periferică mare și la care finețea de măcinare exprimată prin restul pe sită de 88μ, R_{88} se situează între 50—60% [5], [6]. Instalația reprezentativă pentru o astfel de preparare a prafului este moara-ventilator. Această moară se compune — în principiu — dintr-un rotor de ventilator cu un număr par de palete drepte, în genere mai mare de 6, a cărui viteză periferică este de 60—80 m/s. Rotorul creează presiunea necesară ventilării morii și transportului prafului la arzătoare. Pe instalația de acest fel de la noi din țară, concepută și calculată de Institutul de energetică [7], ce echipează un cazan romînesc de 20 t/h, au fost efectuate o serie de încercări preliminare [8].

Moara-ventilator cu care s-au efectuat încercările (fig. 1) are următoarele caracteristici:

— diametrul interior al rotorului	600 mm
— diametrul exterior al rotorului	900 mm
— lățimea paletelor	275 mm
— turația rotorului	1 500 rot/min
— numărul de palete	8
— puterea motorului de antrenare	75 kW

— moara este prevăzută cu un separator cu jaluzele.

Deoarece nu se cunoșteau nici un fel de date privitoare la funcționarea unei mori-ventilator cu ligniți din țară, înainte de a se trece

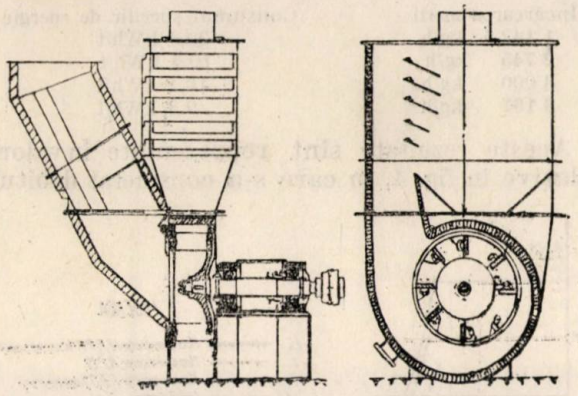


Fig. 1. Moară-ventilator construită în R.P.R.

la un montaj în schemă definitivă, s-au făcut în prima etapă încercări pe o schemă simplificată. Schema simplificată (fig. 2) se deosebește de cea

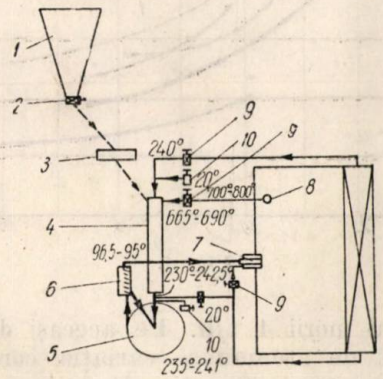


Fig. 2. *Moara-ventilator în schemă simplificată*:

1 — buncăr; *2* — șuber de închiderea alimentării cu cărbune; *3* — alimentator cu disc; *4* — moara-ventilator; *5* — separator cu jaluzele; *6* — ambrazură; *7* — șuber; *8* — aspirare aer rece.

definitivă (fig. 3) prin aceea că în această schemă moara nu este prevăzută cu turnul de uscare a combustibilului. Amplasată în apropierea unui cazan IPROM, moara-ventilator a fost alimentată din buncărul acestui cazan, combustibilul cîntărit fiind îndreptat spre distribuitorul actual al uneia dintre morile cu ciocane cu care cazanul funcționează în schema normală. La rîndul său, distribuitorul cu palete a fost racordat la conducta de alimentare a morii-ventilator. Conducta de refulare a acestei mori s-a introdus în partea laterală a peretelui cazanului IPROM, printr-un cot de 90°, praful de cărbune fiind astfel insuflat chiar în ambrazura cazanului. Astfel în timpul probelor cazanul a funcționat cu o moară-ventilator și cu o moară cu ciocane. Moara-ventilator a aspirat aer rece din sala cazanelor, cum și o cantitate foarte redusă de aer cald din conducta de aer preîncălzit a cazanului.

Lipsind aspirația gazelor de ardere din focar la temperatura de 700—800°C, funcționarea în schema simplificată a avut ca urmare introducerea în moară a unui lignit cu umiditatea pe care acesta o are în depozit ($W = 30—32\%$ în loc de 24%, cum se prevede în schema definitivă) și la o temperatură a amestecului scăzută de 56—87°C în loc de 250°C. Astfel condițiile în care s-au efectuat primele încercări care formează subiectul prezentului articol au fost mai grele și mai defavorabile atît la măcinare cît și la transportul pneumatic și la ardere în focar.

Față de această schemă, în cea definitivă se prevede montarea înainte (amonte) de moară a unui turn de uscare cu înălțimea de 5 m. În turn se aspiră gaze de ardere la temperatura de 700—800°C. Combustibilul cu care se alimentează moara este spălat de gazele de ardere și uscat de la umiditatea de 32% pînă la umiditatea 24%. Pentru evaporarea cantității respective de apă, corespunzătoare reducerii umidității în turnul de uscare de la 32% la 24%, se consumă o parte din entalpia amestecului aer cald-gaze de ardere aspirate, astfel că temperatura acestuia la intrarea în moară ajunge la circa 235—241°C. Lignitul este uscat suplimentar în moară pînă la umiditatea de 16%, umiditate cu care praful este insuflat în focar. Moara este prevăzută pe partea de refulare cu un separator cu jaluzele și un arzător turbionar de tipul ORGRES, prin care praful pregătit este insuflat împreună cu aerul necesar arderii în focarul cazanului.

Încercările în schema simplificată au fost efectuate cu lignit din bazinul Schitu-Golești,

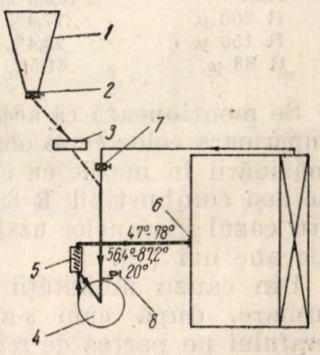


Fig. 3. *Moara-ventilator în schemă definitivă*:

1 — buncăr; *2* — șuber; *3* — alimentator cu disc; *4* — turn de uscare; *5* — moara-ventilator; *6* — separator cu jaluzele; *7* — arzător turbionar; *8* — prelevare de gaze; *9* — șuber; *10* — aspirare aer rece.

folosit curent în centrală. Caracteristicile combustibilului au variat între următoarele limite:

Umiditatea	$W = 29 - 32\%$
Cenușa	$A = 19 - 22\%$
Putere calorifică	PCI = 2 720 — 2 990 kcal/kg
Granulație:	rest sita 5 mm R 5 mm 42,5—50%
	rest sita 3 mm R 3 mm 43,5—60,7%
	fracțiune 0—3 mm D 39,3—56,5%

Coeficient de macinabilitate a unei probe medii la umiditatea de 11,16%

după metoda VTI $m_{VTI} = 0{,}77$
după metoda morii ventilator I. E $m_{VIE} = 0{,}9$

În timpul probelor moara a fost încercată în diverse regimuri de încărcare cuprinse între 1 140 şi 3 470 kg/h. Obţinerea unui debit mai mare nu a fost posibilă decît pe perioade scurte din cauza înfundării părţii de refulare a morii ca o consecinţă a umidităţii ridicate a prafului. Proba de praf prelevată din moară după înfundare, la debitul de 6,2 t/h, a avut o umiditate de 31%. Pentru diferitele debite cu care moara a funcţionat în perioada încercărilor, umiditatea prafului rezultat a variat între 23,5% pentru 1 142,5 kg/h şi 28% pentru încărcarea de 3 474 kg/h.

Ca un element caracteristic pentru comportarea morii s-a urmărit fineţea de măcinare a prafului. După cum este cunoscut, aceasta depinde la una şi aceeaşi moară de felul combustibilului şi de gradul de pregătire, debitul morii, poziţia jaluzelelor separatorului returului de la separator. Avînd în vedere că unii dintre aceşti factori se influenţează reciproc şi luînd în consideraţie importanţa şi posibilităţile de urmărire a fiecăruia, pentru a se exclude interacţiunea lor, fineţea de măcinare a fost urmărită în funcţie de:

1. Debitul morii, menţinîndu-se constantă poziţia clapetelor separatorului şi returului.
2. Poziţia clapetelor separatorului, menţinîndu-se constante debitul şi deschiderea returului separatorului.

În cazul variaţiei debitului, la o poziţie constantă a jaluzelelor (deschis 60%), rezultatele analizelor granulometrice ale prafului din conducta de refulare au fost simţitor influenţate, situîndu-se după cum urmează:

Rest	1 142,5 kg/h	3 474 kg/h
R 200 μ	17,4%	36,8%
R 150 μ	23,4%	47%
R 88 μ	41,5%	61%

Se menţionează că aceste rezultate sînt mult superioare celor ce se obţin în prezent în cazul măcinării în morile cu ciocane la care pentru acelaşi combustibil R 88 este 72 — 78% pentru cazul ciocanelor uzate şi 58—70% pentru ciocane noi [2].

Din cauza umidităţii ridicate, care are ca urmare, după cum s-a arătat, aglomerarea prafului pe partea de refulare a morii, modificarea deschiderii jaluzelelor are ca urmare schimbarea numai în mică măsură a finetii de măcinare. La o variaţie a deschiderii jaluzelelor cu 50% (de la 10% la 60%) îi corespunde o variaţie a finetii de măcinare R 88 de 6%.

Un alt indice tehnico-economic al pregătirii prafului este consumul specific de energie necesar măcinării. A fost urmărită variaţia consumului specific de energie în funcţie de debitul de combustibil măcinat. Rezultatele exprimate în valori absolute ale consumului specific de energie electrică în funcţie de încărcarea morii sînt următoarele:

Încărcarea morii	Consumul specific de energie
1 142,5 kg/h	20,6 kWh/t
2 745 kg/h	10,6 kWh/t
3 000 kg/h	10,1 kWh/t
3 161 kg/h	9,8 kWh/t

Aceste rezultate sînt reprezentate în valori relative în fig. 4, în care s-a considerat debitul

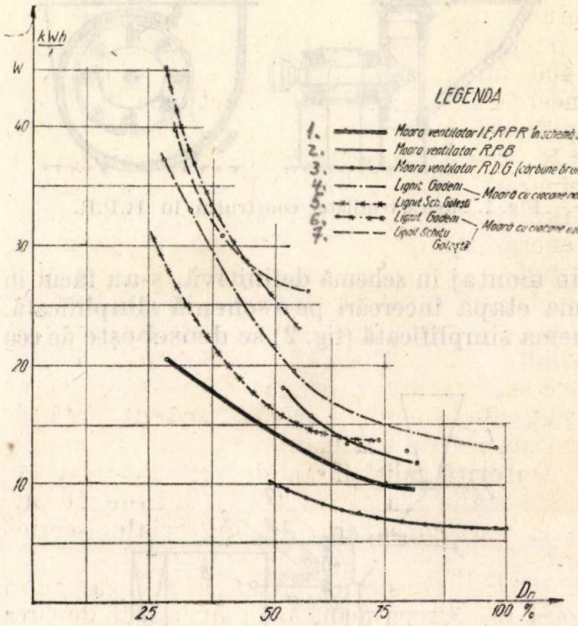


Fig. 4.

nominal al morii 4 t/h. Pe aceeaşi diagramă s-a trasat de asemenea variaţia consumului specific de energie funcţie de încărcarea unei mori-ventilator ce funcţionează cu lignit în R. P. Bulgaria, a unei mori-ventilator ce funcţionează cu cărbune brun în R.D.G. şi a morilor cu ciocane cu care funcţionează în prezent cazanul din centrală. Din compararea datelor obţinute se observă că, deşi moara-ventilator a funcţionat la încărcări de 60—80% din debitul nominal şi că umiditatea cărbunelui introdus în moară a fost cu mult peste cea din proiect (ceea ce are ca urmare creşterea consumului specific de energie electrică), rezultatele sînt mult superioare celor obţinute la aceeaşi centrală cu acelaşi cărbune la o moară cu ciocane la încărcarea maximă cu ciocane noi; la sarcini reduse consumul specific al morii-ventilator este mai mic, şi anume circa 20,6 kWh/t la debitul de 1,1 t/h faţă de 30 kWh/t la funcţionarea morii cu ciocan la sarcina de 1,5 t/h.

S-au măsurat de asemenea presiunile statice în diferite puncte ale schemei, obţinîndu-se date informative asupra pierderilor de presiune ale diferitelor elemente ce intră în schema de preparare a prafului. Presiunea statică creată

de moara-ventilator la debitul zero este de 280 mm CA, depresiunea la aspirația morii, cu refularea deschisă și cu aspirația obturată este de 115 mm CA. Măsurarea presiunilor statice înainte și după fiecare element component al schemei în timpul funcționării morii-ventilator a permis să se constate că la mărirea sarcinii morii de la 1 142,5 kg/h la 3 474 kg/h, aspirația morii scade cu circa 40 mm CA, iar pierderile în separator se măresc cu 20—30 mm CA. Pierderile de presiune pe conducta de refulare s-au ridicat la 35—40 CA funcție de debit. Conducta de refulare a avut o lungime de circa 6 m (incluzînd două coturi de 90°) și un diametru de 400 mm.

Încercările experimentale efectuate în schemă simplificată cu moara-ventilator fabricată în R.P.R. și rezultatele obținute în străinătate la măcinarea unor combustibili similari lignitilor verifică întru totul propunerile Institutului de energetică [2], [7], [8], [9] și permit să se tragă următoarele concluzii:

1. Moara-ventilator permite măcinarea lignitilor în condiții tehnico-economice superioare celorlalte instalații, asigurînd o finețe de măcinare satisfăcătoare R 88 = 50—60% la un consum de energie electrică scăzut față de alte sisteme de măcinare.

2. Datorită calității sale de ventilator, moara permite realizarea unei scheme simple de preparare, cu consumuri de materiale sensibil scăzute.

3. Moara construită în R.P.R. va putea asigura în schema definitivă: un debit de circa 5 t/h lignit, menținînd finețea de măcinare în limitele recomandate la un consum specific de energie sub 10 kWh/t.

Avînd în vedere cele de mai sus se recomandă introducerea ca agregate de măcinare a morilor-ventilator nu numai la cazane cu debite mijlocii, ci și la cazanele cu debite mari, cu care vor fi echipate viitoarele centrale termoelectrice ce vor folosi lignit.

Bibliografie

[1] *** : *Aussprache: Erfahrungen mit Braunkohlen feuerungen; Abschnitt 1. Abschnitt 2* Mitteil. V. G. B. nr. 59 (1959).

[2] Pănoiu N., Carabogdan I., Cazacu C.: *Unele aspecte ale măcinării lignitilor pentru arderea lor în stare pulverizată.* Energetica nr. 12/1958 (VI), pg. 531—535.

[3] Carabogdan I., Cazacu C. *Studiu experimental asupra funcționării morilor cazanului 6 CTE Doicești.* Lucrare internă. Institul de energetică al Academiei R.P.R. 1957.

[4] Carabogdan I.: *Măcinabilitatea unor cărbuni din R.P.R.* Studii și Cercetări de Energetică. Tom IX. 1959, nr. 3.

[5] Romadin V. P.: *Prepararea prafului de cărbune.* Editura energetică de stat. București 1959.

[6] V.T.I.-T.K.T.I.: *Normii rasciota i proiectirovania pil prigotovetelnih ustanovoe.* Gosenergoizdat Moscova, Leningrad. 1954

[7] Pănoiu N., Singer G., Carabogdan I. *Studiul adaptării instalației morii-ventilator la cazanul IPROM de* 20 t/h *la CTE Schitu Golești.* Protocol. 1958. Institutul de energetică al Academiei R.P.R.

[8] Carabogdan I., Pănoiu N., Singer G.: *Încercări de măcinare efectuate cu moara-ventilator în schemă provizorie.* Protocol. 1959. Institutul de energetică al Academiei R.P.R.

[9] Pănoiu N.: *Moara-ventilator și posibilitățile sale de măcinare a lignitilor.* Energetica nr. 4. (1959).

Pornirea în compensator sincron a generatoarelor

Ing. *ALEXANDRU IONESCU*

În timpul reparațiilor anuale ale turbinelor cu aburi generatorul este imobilizat un timp îndelungat deși lucrările ce se execută la partea electrică au un volum redus și se pot termina într-un timp foarte scurt. Într-adevăr, în timp ce reparația turbinei și a instalațiilor anexe termomecanice durează 20÷30 zile, lucrările ce se execută în mod curent la generator se pot efectua în numai 2÷3 zile. Diferența de timp între reparația generatorului și reparația părții termomecanice este și mai mare în cazul schemelor bloc cazan-turbină, la care perioada de indisponibilitate a turbinei este determinată de timpul necesar pentru reparația cazanului.

Fiind cunoscută lipsa cronică de putere reactivă de care suferă sistemele energetice, s-a pus problema utilizării generatorului, în perioada cît turbina este indisponibilă, în regim de compensator sincron. Această problemă se pune cu deosebită acuitate mai ales la centralele situate în centre de consum de putere reactivă (centrale urbane și industriale), producerea locală a energiei reactive conducînd la reducerea pierderilor în liniile de transport și la îmbunătățirea tensiunii la consumator. În plus, utilizarea generatoarelor în regim de compensator sincron în timpul reparației turbinei permite o planificare mai ușoară a reparațiilor grupurilor electrogene în timpul golului de vară, știut fiind că din cauza lipsei de putere reactivă unele grupuri trebuiesc menținute în funcțiune, deși din punct de vedere al producerii puterii active ar putea fi oprite și revizuite. Mai trebuie menționat faptul că menținerea în funcțiune a unor grupuri în scopul producerii de putere reactivă, deci funcționînd la o încărcare activă redusă, are ca efect o creștere importantă a consumului specific de combustibil.

Fiind stabilită necesitatea utilizării generatoarelor în regim de compensator sincron pe timpul reparației turbinei, se pune problema realizării practice a lansării compensatorului în condiții de siguranță și fără a periclita mașina. La termocentrala Grozăvești s-a utilizat pentru lansarea compensatorului metoda cu frecvență și tensiune progresivă care prezintă avantajul

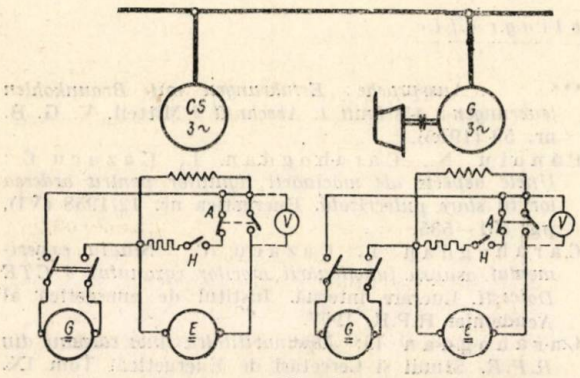


Fig. 1.

că nu supune mașinile la niciun efort periculos, fiind din acest punct de vedere superioară celorlalte metode de lansare cunoscute. Aplicarea practică a acestei metode de lansare, pusă la punct în condițiile specifice termocentralei Grozăvești de un colectiv de ingineri și tehnicieni *, a dat rezultate foarte bune. Au fost pornite în felul acesta trei generatoare de construcție BBC în regim de compensator (două generatoare de 20 000 kVA și un generator de 15 000 kVA).

Lansarea compensatorului (generatorul decuplat de turbină) se face cu ajutorul unui al doilea generator (cuplat cu turbina sa) care trebuie oprit din turație în acest scop. Compensatorul și generatorul se cuplează electric pe o bară separată (fig. 1). Atît generatorul cît și compensatorul se excită de la surse independente de curent continuu (mașinile fiind oprite din turație, excitatoarele nu produc tensiune) și simultan se începe rotirea generatorului cu o viteză mică prin admisia aburului în turbină. Între statoarele celor două mașini începe să circule un curent care produce cuplul necesar pornirii rotorului compensatorului. Compensatorul odată pornit este atras rapid în sincronism de generatorul de lansare și apoi ridicînd viteza generatorului se aduce ansamblul celor două mașini la frecvența nominală și se pun în paralel cu sistemul.

Lansarea compensatorului prin metoda frecvență și tensiune progresivă cuprinde prin urmare următoarele faze:

— excitarea rotoarelor imobile ale celor două mașini de la surse exterioare;
— pornirea rotorului generatorului cu o viteză mică, progresivă;
— pornirea rotorului compensatorului;
— intrarea în sincronism a celor două mașini;
— ridicarea turației la valoarea nominală;
— trecerea excitației mașinilor pe excitatoarele proprii;
— punerea în paralel cu rețeaua.

Excitarea celor două mașini

Ca sursă de excitație s-au folosit două convertizoare care servesc în mod obișnuit la încărcarea bateriilor de acumulatoare din centrală. Convertizoarele avînd caracteristici apropiate de cele ale excitatoarelor, nu a fost necesar să li se aducă nici o modificare. În general se recomandă ca să se funcționeze cu mașinile de curent continuu, folosite ca sursă de excitație, pe porțiunea curbată a caracteristicei, pentru a obține o funcționare stabilă. Legarea convertizoarelor la circuitul rotoric al generatorului, respectiv compensatorului, s-a realizat conform schemei din fig. 1. Pe timpul lansării automatul de dezexcitare rapidă A este deschis. Pentru a nu șunta rotorul generatorului cu rezistența de stingere a cîmpului, s-a montat heblul H, care se deschide în timpul operației de lansare. În aceste condiții, pentru a evita producerea unor eventuale supratensiuni din cauza întreruperii curentului de excitație, declanșarea prin protecție a automatelor convertizoarelor a fost blocată. În același scop, personalul care execută manevrele de lansare a fost instruit ca în cazul cînd ar apărea o situație anormală să dezexcite rapid convertizoarele, numai după aceasta fiind permisă deconectarea lor de la circuitul rotoric.

Antrenarea generatorului

Imediat după excitarea celor două mașini este necesar să se înceapă antrenarea generatorului de lansare. În cazul nostru se folosește unul din grupurile în funcțiune din centrală, care se oprește în vederea lansării. Întrucît la viteze scăzute, din cauza ventilației insuficiente, rotoarele celor două mașini se încălzesc rapid, operația de lansare trebuie să dureze cît mai puțin. În acest scop, este necesar ca timpul de repaus al grupului de lansare de la oprire și pînă la repornire să fie cît mai redus, menținîndu-se turbina încălzită. Respectînd această indicație, turbina va putea fi adusă după repornire la turația nominală într-un interval de circa 5÷10 minute, timp în care încălzirea rotoarelor nu poate atinge valori periculoase.

Pornirea turbinei se va face la turația minimă posibilă și anume la circa 50÷100 rot/min.

* Colectivul care a realizat lansarea compensatoarelor este format din ing. *Iosif Adămuț*, ing. *V. Partenie*, ing. *S. Nicolae*, ing. *A. Ionescu*, ing. M. *Horodniceanu* și *H. Piroșca*.

Turația scăzută, după cum se va arăta mai jos, favorizează intrarea în sincronism a celor două mașini, cu toate că este dezavantajoasă la demararea compensatorului.

Demararea compensatorului

În statorul generatorului antrenat de turbină se induce o forță electromotoare și prin urmare în circuitul dintre cele două mașini apare un curent alternativ de frecvență mică (corespunzător turației generatorului). În aceste condiții compensatorul se comportă ca un motor asincron. Pentru a porni compensatorul cuplul asincron care ia naștere trebuie să învingă frecarea statică din lagărele compensatorului. Cuplul asincron fiind proporțional cu pătratul tensiunii aplicate, rezultă că va fi cu atît mai mare cu cît curentul de excitație și viteza de rotație a generatorului vor fi mai mari. În practică plafonul de excitație este limitat de pericolul unei încălziri exagerate a rotorului. La lansarea compensatoarelor în uzina Grozăvești s-a folosit un curent de excitație ceva mai mic decît curentul la mersul în gol, ceea ce corespunde cu 1/3 din curentul nominal de excitație. Acest curent s-a dovedit suficient pentru a permite o lansare ușoară a compensatorului. Totodată nu s-au observat încălziri periculoase ale rotorului. Pentru a se verifica încălzirea rotorului s-au vopsit diferite puncte ale rotorului cu vopsea termoindicatoare, care-și schimbă culoarea la o temperatură de circa 100°C. La controalele făcute ulterior, nu s-a constatat nici o schimbare de culoare a vopselei termoindicatoare. De asemenea, nici la perii nu s-au observat urme de încălzire locală.

Trebuie spus că funcție de poziția rotorului este posibil ca la început compensatorul să înceapă să se rotească în sens contrar. Acest lucru nu periclitează reușita lansării. Într-adevăr, după un sfert de rotație în sens invers rotorul compensatorului se va frîna și apoi va începe să se învîrtească în sensul normal, prin aceasta mărindu-se foarte puțin timpul de lansare. În cazul cînd de la început cele două rotoare se așează în poziții identice față de bobinajul statoric, este posibil să se evite rotirea inițială în sens invers.

Sincronizarea compensatorului cu mașina de lansare

După ce rotorul compensatorului începe să se rotească se induce în statorul acestuia o forță electromotoare E_c care limitează creșterea curentului în circuitul stabilit între cele două mașini. Se dezvoltă o putere sincronizantă oscilantă care vehiculează între cele două mașini și a cărei expresie este :

$$P_s = \frac{UE_c}{x'_d} \sin \delta \qquad (1)$$

unde :

U este tensiunea aplicată compensatorului ;
x'_d — reactanța longitudinală tranzitorie a compensatorului,
δ — unghiul dintre U și E.

Să analizăm în ce fel sînt influențați, de condițiile de pornire, termenii care intră în expresia puterii sincronizante.

a) Tensiunea U aplicată compensatorului este egală cu tensiunea generatorului U_g din care trebuie scăzută căderea de tensiune în circuitul care leagă cele două mașini

$$U = U_g - Z_l I.$$

Generatorul avînd o viteză mică și funcționînd pe porțiunea nesaturată a caracteristicii, se poate considera cu suficientă aproximație că tensiunea la bornele generatorului U_g este direct proporțională cu curentul de excitație i_g și cu viteza de rotație n_g. Prin urmare se poate scrie :

$$U = k_1 i_g n_g - Z_l I$$

Dar

$$Z_l I = Z_l \cdot \frac{U_g}{Z_l + Z_c} = \lambda_z U_g.$$

Rezultă în definitiv : $U = k_1 i_g n_g (1 - \lambda_z)$. (2)

b) Forța electromotoare a compensatorului poate fi exprimată în același mod :

$$E_c = k_2 i_c n_c.$$

Exprimînd turația compensatorului funcție de turația generatorului și de alunecare.

$$E_c = k_2 i_c (1 - s) n_g. \qquad (3)$$

Ținînd seama de expresiile (2) și (3) puterea sincronizantă devine

$$P_s = \frac{k_3 (1 - \lambda_z)(1 - s) i_g i_c n_g^2}{x'_d} \sin \delta. \qquad (4)$$

Generatorul de lansare pe lîngă puterea de sincronizare trebuie să producă puterea disipată prin pierderi Joule (P_j) și puterea corespunzătoare pierderilor proprii (p)

$$P_s = P_s + P_j + p. \qquad (5)$$

Puterea disipată prin efect Joule poate fi exprimată

$$P'_j + R I^2 = R \cdot \frac{U_g^2}{(Z_l + Z_c)^2}$$

$$P_j = k_4 i_g^2 n_g^2. \qquad (6)$$

Din interpretarea expresiilor (4), (5) și (6) rezultă următoarele :

— Puterea sincronizantă este direct proporțională cu curenții de excitație ai generatorului

și compensatorului. În direcția creșterii curenților de excitație, așa cum s-a arătat mai sus, sîntem însă limitați de pericolul încălzirii rotorului, recomandîndu-se să nu se depășească valoarea curentului de excitație la mersul în gol.

— Puterea sincronizantă este direct proporțională cu pătratul turației generatorului. Aici trebuie să se observe că prin creșterea rapidă a turației crește și alunecarea între cele două mașini ceea ce are un efect de micșorare a puterii sincronizante. De aceea se recomandă ca ridicarea turației generatorului, după ce compensatorul a început să se rotească, să se facă lin și cu precauții la început, pentru ca sincronizarea celor două mașini să se facă la o alunecare mică.

— Impedanța circuitului dintre cele două mașini este recomandabil să fie cît mai mică.

— Pierderile Joule fiind direct proporționale cu pătratul curentului de excitație al generatorului, rezultă că din acest punct de vedere este preferabil ca valoarea lui i_g să fie scăzută ridicîndu-se pentru compensare valoarea lui i_c. Ținînd însă seama de faptul că cuplul asincron inițial este proporțional cu curentul de excitație al generatorului, nu este recomandat a se reduce în practică valoarea lui i_g, ceea ce înseamnă că nu se poate acționa pe această cale în scopul reducerii puterii necesare pentru lansare.

— Pentru ca generatorul să fie capabil să dezvolte puterea P_g necesară lansării se recomandă ca raportul dintre puterea generatorului și a compensatorului să nu fie mai mic ca 1 : 3.

Trecerea excitației pe excitatoarea proprie

Cele două mașini învîrtindu-se, se ridică rapid viteza (în 5—10 minute) pînă la valoarea nominală. La această viteză se poate face trecerea excitației pe excitatoarea proprie. Pentru aceasta se excită excitatoarea pînă la o tensiune egală cu tensiunea convertizorului și se pun în paralel cele două mașini de curent continuu, verificîndu-se paralelul cu voltmetrul V (fig. 1) montat în acest scop. Ca o măsură de precauție se lasă în funcțiune regulatorul de tensiune pentru a preveni o eventuală creștere a tensiunii după punerea în paralel a celor două surse de curent de excitație. După punerea în paralel a excitatoarei cu convertizorul, acesta din urmă este scos din funcțiune. Dacă cele două generatoare de curent continuu au caracteristici externe diferite, declanșarea convertizorului este recomandat să se facă în sarcină, excitatricea preluînd fără niciun inconvenient întreaga sarcină.

După ce se trec ambele mașini pe excitatoarea proprie se închide heblul H pentru a pune în ordine circuitul de excitație și se pune în paralel ansamblul generator — compensator cu sistemul.

Modificări în instalație pentru funcționarea în regim de compensator

Pentru a limita deplasările axiale ale rotorului compensatorului, care în funcționare normală sînt limitate de lagărul axial al turbinei, trebuie să se adapteze un lagăr axial pentru compensator. Dacă se ține seama de poziția rotorului în cîmpul magnetic statoric, eforturile axiale produse de rotorul compensatorului sînt mici. De aceea, constructiv, acest așa zis lagăr axial se execută sub forma a două semiinele fixate pe cuzinetul lagărului radial care limitează deplasarea unui număr de pe axul rotorului.

Pentru ungerea lagărelor compensatorului se poate utiliza o electropompă sau o turbopompă, montate special în acest scop. În general este recomandabil să se utilizeze o electropompă pentru ungere. La T.C. Grozăvești ținînd seama de condițiile locale s-a utilizat o turbopompă. Ca rezervă s-a folosit turbopompa auxiliară de ulei a turbinei care intră automat în funcțiune la scăderea presiunii de ulei. Pentru siguranță un manometru cu contact comandă declanșarea compensatorului la scăderea periculoasă a presiunii uleiului.

Protecția prin relee trebuie completată cu o protecție de minimă tensiune temporizată, care comandă declanșarea în cazul cînd bara rămîne fără alimentare de la alte surse.

Aplicarea metodei frecvență și tensiune progresivă la lansarea compensatoarelor în termocentrala Grozăvești a dat rezultate foarte bune. Operațiile de lansare deși necesită manevre destul de complicate au fost însușite în bune condițiuni de personalul de exploatare. Trebuie menționat avantajul deosebit pe care-l prezintă această metodă prin faptul că mașinile nu sînt supuse la eforturi periculoase mecanice sau termice. În sfîrșit, utilizarea generatoarelor în timpul reparației turbinei în regim de compensator a contribuit la îmbunătățirea nivelului tensiunilor în rețeaua orașului București și a avut o însemnată eficacitate economică.

Coroziuni de fier şi cupru la echipamentul tratării termice a apei

Chimist *SZOBODOS MARGARETA-DOINA*

Coroziunea se datoreşte elementelor şi substanţelor chimice care se găsesc în apă şi care prin acţiunea lor chimică sau electrochimică distrug suprafaţa metalică. Coroziunea metalelor poate să apară, în funcţie de compoziţia apei, pe suprafaţa interioară a conductelor sub formă de rugină uniformă, sub formă de depunere neuniformă sau ca coroziune locală în formă de găuri (punctiformă sau ca lentile).

Antrenarea de către apă a produselor dispersate ale coroziunii provoacă acumularea lor pe porţiunile cu viteze mai mici, sau în zonele unde condiţiile fizice şi chimice sînt schimbate, ca de pildă în interiorul cazanelor de aburi. Cauzele coroziunii chimice sînt multiple şi se datoresc mai ales gazelor (O_2 şi CO_2) existente în apa care circulă prin conductele termice, apoi concentraţiei mari a diferitelor săruri ca: cloruri, sulfaţi, hidroxidului de sodiu, circulaţiei defectuoase a apei, sau variaţiilor mari de temperatură. Temperatura mărită favorizează coroziunea, deoarece prin mărirea temperaturii scade solubilitatea gazelor (O_2 şi CO_2) şi creşte difuzarea lor pe suprafaţa metalului.

Coroziunea pe suprafaţa interioară a conductelor sub formă de rugină uniformă se poate forma în cazul apelor cu caracter slab acid sau neutru în prezenţa urmelor de oxigen, şi în cazul cînd nu este prea intensă duce la formarea unui strat protector.

Acest strat protector se menţine în mediu neutru sau slab alcalin şi protejează metalul de corodare mai departe. În prezenţa unei mari cantităţi de bioxid de carbon liber în apă, el este distrus sau nu se poate forma pe suprafaţa metalului şi procesul distrugerii metalului decurge cu o viteză constantă.

Un fenomen secundar, care duce la coroziunea metalului este formarea hidrogenului în apă. Formarea lui se datoreşte disocierii acidului carbonic:

$$H_2CO_3 \rightleftarrows 2\,H^+ + CO_3^-$$

producînd creşterea acidităţii apei şi creşterea acţiunii ei corosive, micşorînd rezistenţa stratului ei protector.

Pentru ca coroziunea echipamentului ciclului apă-abur din termocentrale să nu aibă loc, s-au fixat prescripţii de calitate pentru apă şi abur defalcate pe sectoare, stabilite pe baza considerentelor teoretice şi a experienţei exploatărilor din ţară şi din străinătate.

La electrocentrala Doiceşti s-au respectat normele de calitate a apei preparate chimic, şi totuşi în circuitul termic a apărut coroziunea instalaţiilor metalice feroase şi neferoase.

Tratarea chimică a apei cuprindea conform proectului: (v. figura), coagularea apei brute cu sulfat de aluminiu şi hidroxid de sodiu, filtrare mecanică în filtre minerale şi epurarea apei în filtre Na cationice. Apa astfel preparată este complet limpede şi lipsită de duritate; ea este apoi degazată în degazori atmosferici, se distilă în vaporizatoare şi serveşte ca apă de adaus pentru cazane avînd caracteristici asemănătoare condensatului turbinelor.

Coroziunea echipamentului termic, pusă la început în sarcina degazării insuficiente, se explică astfel: prin epurarea chimică a apei cu mase Na-cationice bicarbonaţii de calciu şi magneziu se transformă echivalent în bicarbonat de sodiu. Bicarbonatul de sodiu nu poate fi descompus integral în degazorii atmosferici, unde se elimină numai oxigenul liber pînă la 0,1 mg/l şi se descompune o mică parte din bicarbonaţi. Apa aceasta, bogată în carbonaţi, bicarbonaţi şi bioxid de carbon, urmează circuitul mai departe.

Descompunerea bicarbonatului de sodiu are loc în vaporizatoare, astfel:

$$2\,NaHCO_3 \rightarrow Na_2CO_3 + H_2O + CO_2$$

Carbonatul de sodiu, fiind sarea unei baze tari şi a unui acid slab, hidrolizează sub efectul temperaturii tot prin degajare de CO_2 liber:

$$Na_2CO_3 + H_2O \rightleftarrows 2NaOH + CO_2$$

Ca urmare, apa se îmbogăţeşte în CO_2 care este antrenat de către abur, condensatul acestuia (distilatul) devenind în felul acesta corosiv.

Distilatul care conţine CO_2 liber dizolvă cuprul din alama ţevilor condensatoarelor aburului secundar, formînd carbonat bazic de cupru solubil în apă cu $CO_3.Cu\,(OH)_2$.

O dată cu mărirea *p*H-ului ($pH > 7{,}5$) în apa cazanului, cuprul se separă sub formă de CuO şi Cu_2O.

În urma celor arătate, întreaga instalaţie de vaporizatoare, preîncălzitoare şi degazori era supusă unei coroziuni puternice, care, în afară de stricăciunile pe care le producea la prepararea termică, a îmbogăţit foarte mult apa de adaos cu soluţii şi suspensii metalice, care au pătruns în circuit mai departe ajungînd în cazane.

Pe traseu, fierul şi cuprul precipită parţial, iar în cazan are loc precipitarea integrală. Depunerile de fier şi cupru de pe suprafeţele de încălzire intens solicitate termic au provocat deteriorarea lor şi scoaterea cazanelor din funcţiune.

În cazane, hidroxidul feric format ca produs al coroziunii, în prezența oxigenului, trece sub acțiunea temperaturilor înalte în Fe_2O_3.

$$2\ Fe(OH)_3 \rightarrow Fe_2O_3 + 3H_2O_3$$

iar hidroxidul feros — $Fe(OH)_2$ — produs al coroziunii, în lipsa oxigenului se transformă în oxidul feroferic (magnetită), degajînd în același timp hidrogen :

$$3Fe(OH)_2 = Fe_3O_4 + 2H_2O + H_2$$

Cuprul precipită sub formă de CuO sau Cu_2O. Oxizii de cupru s-au depus în cazan sub formă de nămol sau sub formă de crustă, în funcție de solicitările termice ale zonei respective.

Formarea depunerilor tari este posibilă numai în prezența fierului. Cuprul intră în reacție cu stratul protector și apoi cu metalul (Fe) formînd depuneri.

Fenomenele ce au avut loc se pot arăta prin următoarele reacții chimice :

$$Fe + CuO = FeO + Cu$$

$$3FeO + CuO = Fe_2O_3 + 3Cu$$

$$3FeO + 2CuO = Fe_3O_4 + Cu_2O$$

Este de remarcat faptul că coroziuni intense s-au găsit în zonele solicitate termic ale cazanelor și cu circulație lentă (ecran inferior). Faptul că partea de abur a cazanului nu a fost corodată este un argument în plus că coroziunea s-a datorat soluțiilor și suspensiilor metalice ce au pătruns în cazane o dată cu apa de alimentare. Depuneri și coroziuni au apărut la cazanele care au avut un număr mai mare de ore de funcționare ; la cazanele cu un număr mai mic de ore de funcționare stratul protector nu este distrus și nici nu poate fi vorba de o coroziune intensă.

La analiza depunerilor s-a găsit : Fe între 45—65% și Cu între 35—40%, restul depunerii fiind format din sărurile prezente în mod normal în apa cazanelor ca : SiO_2, SO_4^-. Ca^{++}, PO_4^- etc. ; iar în nămol predomină cuprul, avînd Cu între 40—60%, și Fe între 20—25%, restul fiind format din săruri prezente în mod normal în apa cazanelor.

Pentru a elimina fenomenele de coroziune, ale echipamentului termic de la electrocentrala Doicești, am căutat soluții care să poată fi adaptate ușor la condițiile noastre de exploatare și care să facă posibilă reducerea CO_2 liber din aburul vaporizatoarelor, agentul principal al coroziunii echipamentului termic, la valori nevătămătoare, adică de la 60 — 100 mg/l, cît se găseau în aburul vaporizatoarelor,

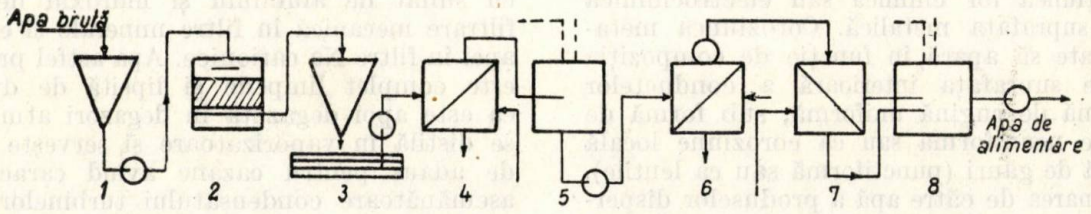


Fig. 1. Schema principială :
1 — coagulator ; *2* — filtru mineral ; *3* — epurator ; *4* — preîncălzitor ; *5* — degazor ; *6* — vaporizator ; *7* — condensator ; *8* — degazor pentru apa de alimentare.

la maximum 6 mg/l, valoare care practic nu mai este dăunătoare. Pentru realizarea acestui lucru era absolut necesar a se descompune ionii HCO_3 înainte de a intra în vaporizatoare, lucru ce nu a fost posibil de realizat cu schema preparării apei astfel cum a fost proiectată.

Degazorii atmosferici nu pot asigura o descompunere termică totală a ionilor HCO_3, deoarece intensitatea descompunerii depinde de o serie de factori, dintre care principalii sînt temperatura și durata expunerii apei la temperatura respectivă. Faptul acesta rezultă clar din alura descompunerii $NaHCO_3$: la 100° ea este de 80% după 30 minute, de 95% după 60′ și completă după 90′. Reiese că descompunerea $NaHCO_3$ în coloana de degazare, unde timpul de ședere al apei este foarte mic, nu poate fi decît foarte redusă.

Reducerea CO_2 liber din circuitul aburului secundar neputînd fi posibilă pe cale termică, în condițiile de la Doicești s-au căutat soluții chimice pentru reducerea conținutului de bicarbonați din apa epurată.

Analizînd posibilitățile reale ale electrocentralei Doicești, am ajuns la concluzia că cel mai ușor se poate adapta o modificare a procesului de coagulare a apei brute, folosind laptele de var pentru reducerea bicarbonaților, iar drept coagulant, sulfatul feros. Tratarea apei cu lapte de var și coagularea cu sulfat feros se face în coagulatori, unde timpul de ședere a apei (2 ore) este suficient pentru ca reacțiile chimice să aibă loc complet. Reacția chimică a reducerii bicarbonaților este :

$$Ca(HCO_3)_2 + Ca(OH)_2 = CaCO_3 + 2H_2O$$

Pentru a ajuta depunerea suspensiilor de $CaCO_3$, apa este tratată permanent cu sulfat de fier, care în decantor trece în hidroxid feros, conform reacției :

$$Ca(HCO_3)_2 + FeSO_4 = Fe(OH)_2 + CaSO_4 + 2CO_2$$

Hidroxidul feros este oxidat de oxigenul din apă și formează hidroxid feric :

$$4\ Fe(OH)_2 + O_2 + 2\ H_2O = 4\ Fe(OH)_3$$

Acesta este un precipitat floconos, roșu-bun, cu densitatea mare, care absoarbe carbonatul de calciu și accelerează astfel depunerea lui.

În perioadele cînd crește conținutul de suspensie din apa brută, cantitatea de sulfat de fier dozat se mărește.

Pentru ca bioxidul de carbon degajat în urma reacției sulfatului de fier cu bicarbonații să fie legat sub formă de $CaCO_3$, se dozează lapte de var în exces, adică pînă la reacție slab alcalină ($pH = 8{,}5-9$); în cazul acesta are loc următoarea reacție :

$$Ca(OH)_2 + CO_2 = CaCO_3 + H_2O$$

Pentru ca aburul produs de vaporizator să conțină bioxid de carbon liber maxim 6 mg/l, apa s-a tratat cu lapte de var în așa fel ca ionii HCO_3^- de la 2,5 mval, cît are apa brută, să fie reduși la 0,3 mval/l în apa epurată chimic. În felul acesta s-a realizat ca în aburul vaporizatoarelor conținutul în CO_2 liber să scadă sub 6 mg/l, ajungînd chiar, în condiții optime de funcționare, sub 1 mg/l.

Aceste condiții optime urmează a fi permanentizate prin măsuri de exploatare.

În cazul cînd coagularea și degazorii atmosferici funcționează corect, concentrația ionilor HCO_3^- din apa epurată se poate reduce pînă la 0,05—0,1 mval/l, astfel încît se obțin valori minime de CO_2 liber în aburul vaporizatoarelor.

O dată cu reducerea bioxidului de carbon liber din circuitul termic al electrocentralei Doicești, s-a redus și viteza de coroziune a echipamentului. Astfel, conținutul în cupru al apei de alimentare de la 0,025 mg/l s-a putut reduce la urme ; de asemenea conținutul în fier de la 1,5 mg/l s-a redus la 0,01 mg/l. Alimentarea cazanelor cu apă care are un conținut de fier și cupru arătat mai sus, lipsită de bioxid de carbon liber și de oxigen, poate asigura mersul cazanelor, coroziunea fiind redusă la minimum.

Elemente ale protecției împotriva supratensiunilor necesare bazei modelării pentru studiul comportării stațiilor la supratensiuni atmosferice

Ing. *MIHAI ILIE*

I. Protecția izolației unei stații în cazul sosirii undelor de supratensiune din linie

Protecția izolației unei stații cu ajutorul descărcătoarelor este bazată pe micșorarea amplitudinii undei de supratensiune pînă la o valoare care nu e periculoasă pentru izolația protejată. Dacă elementul protejat ar fi situat în apropierea descărcătorului, atunci tensiunea aplicată izolației nu ar fi mai mare decît tensiunea descărcătorului și protecția la supratensiuni (dacă se dispune de caracteristicile descărcătorului și ale izolației protejate) ar avea o rezolvare simplă. În realitate însă, în special la stațiile mari, distanța de la descărcător pînă la elementul protejat este de zeci sau sute de metri.

Fenomenele tranzitorii care se produc după apariția undei de supratensiune și străpungerea eclatoarelor descărcătorului, fac ca potențialele în diferite puncte ale schemei stației să se deosebească între ele întrecînd cu mult potențialul de la descărcătorul cu rezistență variabilă. Cel mai înalt potențial apare la extremitățile ramificațiilor lungi ale schemei stației și ca urmare se va produce străpungerea izolației aparatelor aflate departe de descărcător. Calculul potențialelor din schema stației, făcut cu scopul de a determina siguranța protecției izolației, găsirea celui mai indicat loc de instalare a descărcătorului, determinarea distanței admisibile între descărcător și elementul cel mai scump din schemă (transformatorul) este foarte complicat și necesită un timp considerabil.

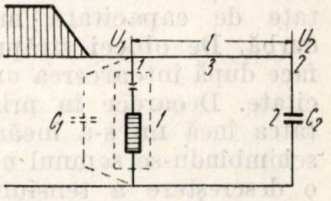


Fig. 1. Schema simplificată a protecției unei stații.

Folosirea modelelor dă posibilitatea să se renunțe la calculele complicate, schimbînd după dorință parametrii undei de supratensiune și configurația schemei stației.

Pentru a fi mai ușor de înțeles rolul diferiților factori (amplitudinea și panta undei de supratensiune, distanța de la descărcător pînă la elementul protejat etc.) se analizează o schemă echivalentă simplă (fig. 1) care conține elementele principale ale unei stații :

1) descărcătorul cu rezistență variabilă așezat în apropierea barelor colectoare ale stației ;

2) capacitatea aparatelor conectate în cele mai depărtate puncte ale stației;

3) conductori de legătură.

Această schemă corespunde celor mai grele condiții de protecție ale stației. În schemă mai este reprezentată capacitatea C_1 (a eclatoarelor și

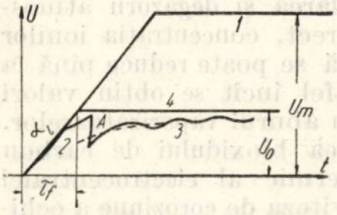


Fig. 2. Forma undei la descărcătorul cu rezistență variabilă:
1 – unda care sosește din linie; *2* – tensiunea la descărcător fără influența undelor reflectate; *3*-tensiunea la descărcător cu influența undelor reflectate; *4* – unde de calcul.

a firelor de legătură ale descărcătorului) conectată în paralel cu acesta. Influența ei se va analiza mai jos.

Presupunem că în schema din fig. 1 a sosit unda de supratensiune cu frontul oblic (fig. 2).

Amplitudinea undei U_m este limitată de valoarea tensiunii de străpungere a izolației liniei, care se poate aprecia la 800 kV pentru liniile de 100 kV pe stîlpi de metal și 1 000—1 100 kV pentru liniile de 110 kV pe stîlpi de lemn [5].

Panta undei α (fig. 2, curba *1*) depinde de asemenea de tensiunea nominală a instalației și de lungimea intrărilor în stație. Cea mai mare pantă calculată pentru stațiile de 110 kV este de 1,5 kV/m sau 450 kV/s [2].

Dacă nu ar exista unda reflectată de capacitatea elementelor protejate, tensiunea la descărcător ar varia după curba *2* din fig. 2. Primul vîrf al tensiunii este determinat de tensiunea de străpungere a eclatoarelor, iar restul curbei tensiunei este determinat de curentul care trece prin descărcător sau mai exact prin rezistența neliniară a acestuia. Undele reflectate de capacitate modifică puțin această curbă. De obicei străpungerea eclatoarelor se face după întoarcerea undei reflectate de capacitate. Deoarece în primele momente capacitatea încă nu s-a încărcat, reflectările se fac schimbîndu-se semnul undei. Ca rezultat apare o descreștere a tensiunii la descărcător și o întîrziere a străpungerii eclatoarelor (*A*, fig. 2). După străpungerea eclatoarelor unda reflectată de capacitatea C_2 se reflectă din nou de punctul *1* (fig. 1) însă această reflecție se face cu schimbarea semnului pentru că rezistența neliniară a descărcătorului este mai mică decît impedanța caracteristică a conductoarelor pe porțiunea *1—2* (fig. 1). Reflectările următoare de capacitatea C_2 (fiind încărcată) se vor face fără schimbarea semnului. Reflectările următoare ale undei de punctul *1* (cu schimbarea semnului) și de punctul *2* (fără schimbarea semnului) dau naștere la oscilații care se suprapun peste tensiunea reziduală a descărcătorului. Datorită neliniarității pronunțate a rezistenței de lucru a descărcătorului, oscilațiile tensiunii la descărcător se atenuează treptat (fig. 2, curba *3*).

Variațiile curentului sub influența undelor reflectate dau naștere la schimbări neînsemnate alte tensiunii la descărcător.

Capacitatea C_1 care reprezintă capacitatea descărcătorului, micșorează frontul undei după străpungerea eclatoarelor descărcătorului.

În prima aproximație se pot neglija oscilațiile tensiunii și chiar devierea formei frontului undei de la linia dreaptă, înlocuind forma reală a undei de supratensiune la descărcător cu unda teoretică avînd frontul oblic (fig. 2, curba *4*). Amplitudinea acestei unde se consideră egală cu tensiunea reziduală a descărcătorului în cazul trecerii unui curent de impuls egal cu 5 kA, ceea ce corespunde la o tensiune de 360 kV pentru descărcătoarele de 110 kV, iar frontul rămîne identic cu frontul mediu al undei de supratensiune din linie.

Aceste două aproximații și în special ultima, dau o eroare oarecare în sensul măririi coeficientului de siguranță.

Descărcătorul cu rezistență variabilă în primă aproximație poate fi considerat ca un generator de unde de tensiune cu frontul înclinat. O altă simplificare constă în aceea că porțiunea barelor *1—2* se înlocuiește cu schema echivalentă în π, iar capacitatea C_1 în punctul *1* legată în paralel cu generatorul nu va influența tensiunea în diferitele puncte ale schemei (în limitele aproximațiilor admise). Capacitatea în punctul *2* cuprinde pe lîngă capacitatea elementului protejat (transformatorul) și capacitatea celorlalte elemente (întrerupătoare, separatoare, bare, transformatoare de măsură etc.), rezultînd schema echivalentă din fig. 3, *a*,

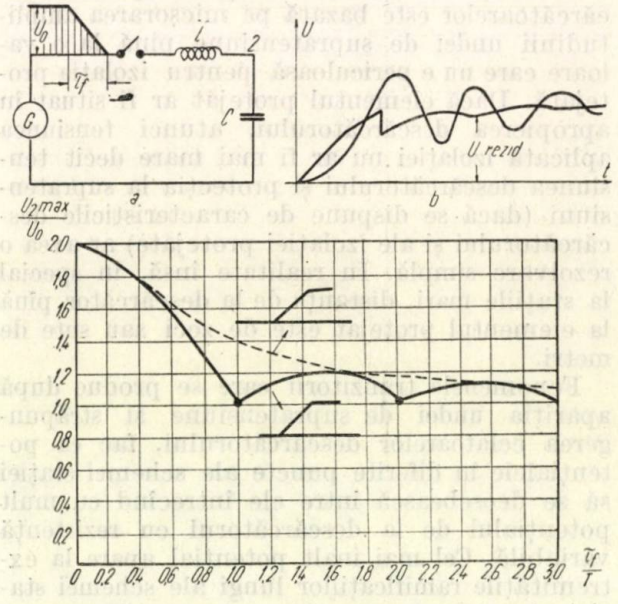


Fig. 3.
a – schema simplificată pentru determinarea tensiunii la izolația protejată; *b* – caracterul curbei tensiunii la izolația protejată; *c* – aplicarea unei unde cu frontul înclinat pe un circuit oscilant;

unde variația tensiunii din punctul *2* este identică cu variația tensiunii care acționează asupra izolației. Pentru studiul căderii undei de supratensiune cu frontul înclinat pe un circuit oscilant se folosesc curbele din fig. 3, *c*, în care :

U_0 — tensiunea reziduală a descărcătorului la un curent de 5 kA [kV];

$\tau_f = \frac{U_0}{\alpha_1}$ — lungimea frontului undei (μs.);

α_i — panta undei (kV/μs.);

$T = 2\pi\sqrt{L' \cdot l\left(C + \frac{C \cdot l}{2}\right)}$ — perioada oscilațiilor proprii ale circuitului oscilant (s);

L' și C' — inductanța proprie și capacitatea pe unitatea de lungime a barelor de legătură între elementele stației (H/m sau F/m);

l — lungimea barelor de legătură (m) [1].

Analizînd curbele din fig. 3, *c* cu ușurință deducem că tensiunea în punctul *2* crește cu micșorarea frontului undei și cu mărirea perioadei proprii a circuitului oscilant. Deoarece lungimea frontului undei este invers proporțională cu panta undei, iar perioada de oscilație crește cu mărirea lungimii l, tensiunea în p_2 adică la izolația protejată are să fie cu atît mai mare cu cît are să fie mai mari panta undei și distanța dintre descărcător și izolația protejată.

Forma acestei tensiuni corespunde unor oscilații amontizate suprapuse peste tensiunea reziduală a descărcătorului (fig. 3, *b*).

În cazul montării descărcătorului după izolația protejată (fig. 4, *a*) corelația dintre amplitudinea tensiunii, panta frontului undei și distanța între descărcător și izolație, rămîne aceiași. În figura 4, *b* și 4 *c* sînt desenate curbele tensiunilor din punctele *1* și *2*. Curba *1* reprezintă unda care intră în schemă, iar *2* unda refractată în trecere prin punctul *1*. Această undă ajungînd pînă în punctul *2* se reflectă în primul moment păstrîndu-și semnul și se continuă acest proces pînă cînd va fi atinsă tensiunea de amorsare a eclatoarelor descărcătorului. După străpungerea eclatoarelor tensiunea la descărcător scade brusc (curba *3*)

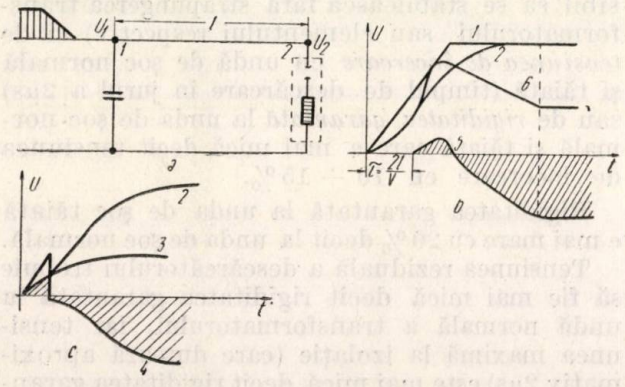


Fig. 4

a — schema simplificată de protecție la supratensiuni; *b* — tensiunea în punctul *1* (la izolație): *c* — tensiunea în punctul 2 (la descărcător). *1* — unda care sosește din linie; *2* — unda reflectată; *3* — tensiunea la descărcător; *4* — unda reflectată de descărcător; *5* — unda reflectată de descărcător după refractarea ei în punctul *1*; *6* — tensiunea rezultantă la izolație.

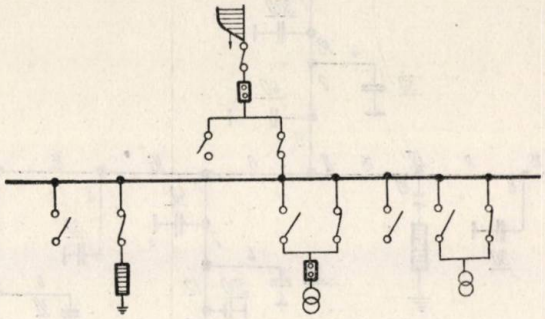


Fig. 5. Schema monofilară a stației „N".

și unda reflectată își schimbă semnul (curba *4*) (unda reflectată este haşurată). Unda reflectată întorcîndu-și în pct. *1* se refractă din cauza capacității care netezește primul vîrf și produce scăderea bruscă a tensiunei (curba *5*, fig. 4*b*). Curba *6*, fiind rezultatul însumării ordonatelor curbelor *2* și *5*, reprezintă tensiunea care acționează asupra izolației protejate. Pînă nu se străpung eclatoarele descărcătorului și unda negativă reflectată de rezistența neliniară nu sosește în punctul *1*, tensiunea la izolație crește continuu (fig. 4). După aceea tensiunea scade treptat pînă la o valoare apropiată de tensiunea reziduală a descărcătorului.

Este evident că tensiunea la izolație are să fie cu atît mai mare cu cît panta undei sosite din linie are să fie mai mare și cu cît timpul pînă la sosirea undei reflectate va fi mai mare Acesta la rîndul său va crește cu mărirea distanței între descărcător și obiectul protejat.

Schemele din fig. 1 și 4, *a* sînt scheme echivalente simple ale stațiilor. Ele sînt valabile în cazul sosirii undei de supratensiune pe o singură linie, toate celelalte linii fiind deconectate. Asemenea condiții sînt cele mai grele din punct de vedere al protecției stațiilor împotriva supratensiunilor atmosferice.

Pentru a realiza schema echivalentă a stației sînt necesare schema de conexiuni a aparatajului și desenele constructive ale stației.

Transformatoarele, întreruptoarele, separatoarele și celelalte aparate sînt reprezentate prin capacități. Distanța dintre aparate se măsoară pe conductorii de legătură.

Pentru analiza unei situații reale s-a ales stația *N* de 110 kV (fig. 5).

Schema din fig. 6, *e* este rezultatul transformatorilor schemei stației *N*. Capacitățile au fost stabilite în nodurile principale ale schemei [2].

Capacităţile echivalente ale aparatajului sînt :
— transformatorul 1000 pF;
— întrerupător în poziţie închisă 300 pF;
— transformator de tensiune 200 pF;
— separator (închis 40 pF, deschis 30 pF);

Pentru ca izolaţia staţiei să nu fie străpunsă curba tensiunii la izolaţie trebuie să fie mai jos decît curba volt-secundă a izolaţiei cu 15 ÷ 20%. În practică însă, rigiditatea la impuls a izolaţiei nu este caracterizată de curba *volt-*

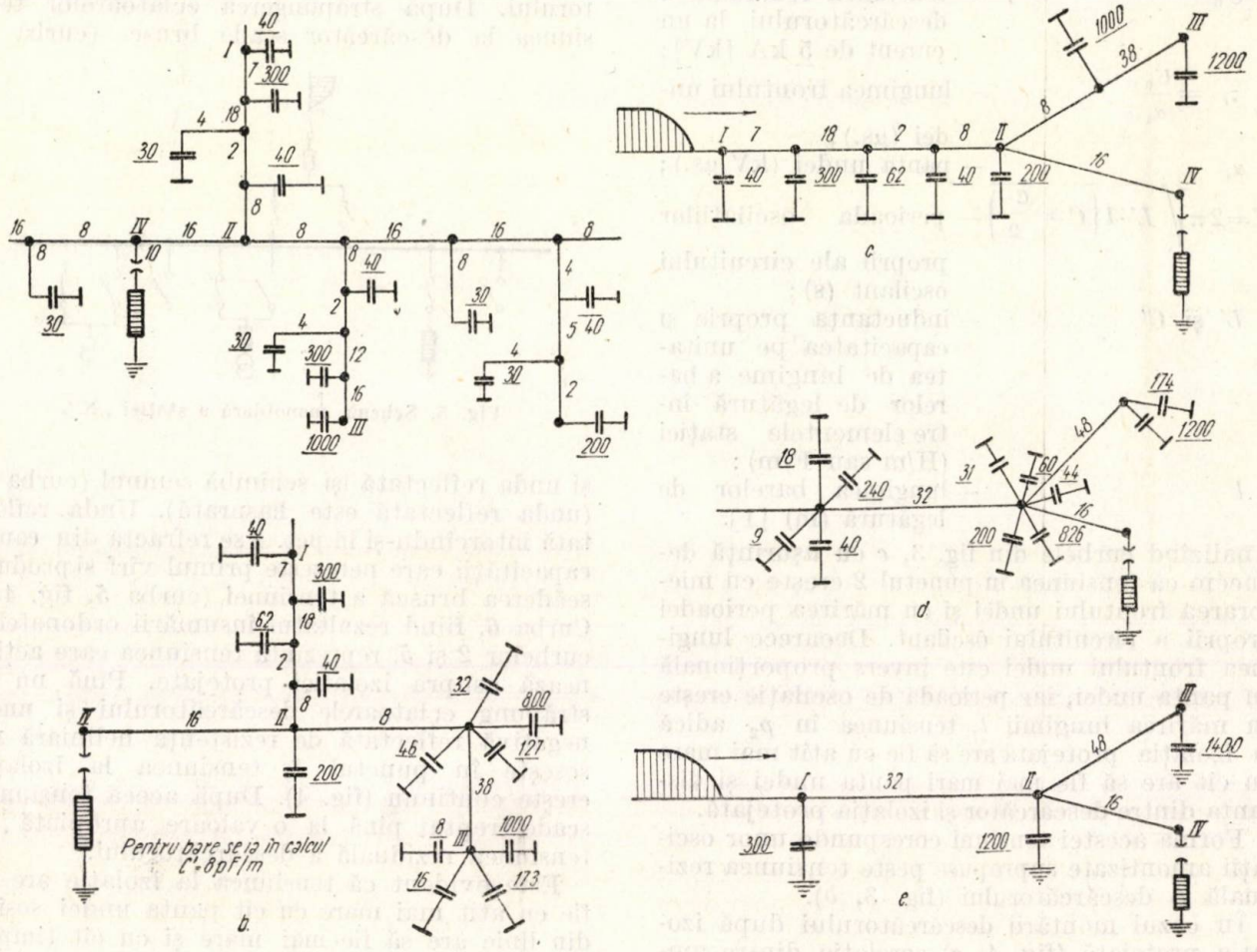


Fig. 6.
a — *b* — pentru bare se ia în calcul $C' = 8pF/m$; *c* — *d* — *e* — lungimile se dau în m, capacităţile se dau în pF.

— barele de legătură între elementele staţiei $C' = 8pF/m$. Comportarea schemelor simple analizate mai sus este asemănătoare cu cea a schemelor mai complicate şi anume :

1. Tensiunea la izolaţia protejată creşte cu mărirea pantei frontului undei sosite în staţie şi cu mărirea distanţei între descărcător şi izolaţia protejată.

2. Curba tensiunii la izolaţia protejată montată după descărcător are forma unei oscilaţii amortizate suprapuse la tensiunea reziduală a descărcătorului.

3. Curba tensiunii la izolaţia protejată montată înaintea descărcătorului se caracterizează printr-un vîrf scurt după care tensiunea scade pînă la o valoare apropiată de tensiunea reziduală a descărcătorului.

Normele care se utilizează pentru aprecierea rezultatelor obţinute sînt următoarele :

secundă (care în majoritatea cazurilor este imposibil să se stabilească fără străpungerea transformatorului sau elementului respectiv) ci de *tensiunea de încercare* cu undă de şoc normală şi tăiată (timpul de descărcare în jurul a 2μs) sau de *rigiditatea garantată* la unda de şoc normală şi tăiată care e mai mică decît tensiunea de încercare cu 10 ÷ 15%.

Rigiditatea garantată la unda de şoc tăiată e mai mare cu 20% decît la unda de şoc normală.

Tensiunea reziduală a descărcătorului trebuie să fie mai mică decît rigiditatea garantată la undă normală a transformatorului, iar tensiunea maximă la izolaţie (care durează aproximativ 2μs) este mai mică decît rigiditatea garantată la unda de 2μs [2].

În U.R.S.S. prima condiţie este asigurată de standardul respectiv de uzinele producătoare de echipament electric de înaltă tensiune

(tensiunea de încercare cu undă normală e mai mare cu 10% decît tensiunea reziduală a descărcătorului la un curent de impuls de 5 000 A).

A doua condiție este asigurată de schema de protecție a stației, de limitarea pantei frontului undei și de distanța între descărcător și transformator.

2. Metodele de bază ale modelării elementelor schemei stației

În majoritatea cazurilor cînd se realizează un model se pleacă de la principiul modelării fizice adică fenomenele din model și cele reale au aceeași origină, deosebindu-se numai cantitativ. În acest caz în anumite momente ($t = 0$, $t = 20\mu s$ ...) comune fenomenelor din model și celor modelate și în anumite puncte din spațiu *A.B.C.* de asemenea corespunzătoare modelului și elementului modelat, raportul între mărimea studiată pe model și cea reală trebuie să fie constant. Acest raport se numește scară.

Alegerea rațională a scărilor este o problemă de bază la proiectarea modelelor.

Avînd în vedere comoditatea modelului și posibilitatea măsurării mărimilor care se studiază este bine să se dea scara tensiunei, curentului și timpului (S_u; S_i; S_t).

Pentru ca modelul să fie cît mai compact și să nu fie periculos din punct de vedere al tensiunilor care apar în el, mărimile S_u și S_i trebuie să fie cît mai mici, însă nu atît de mici încît să complice măsurarea.

Scara timpului S_t trebuie aleasă cît mai mare pentru a permite măsurarea intervalelor de timp din natură corespunzătoare fracțiunilor de microsecundă. Mărirea scării timpului duce la mărirea capacității și la micșorarea influenței capacității parazitare a firelor de legătură și a plăcilor de deflecție ale oscilografului.

Parametrii principali ai schemelor modelate sînt : Z — impedanța caracteristică, R — rezistența activă, C — capacitatea, L — inductanța.

Alegerea mărimilor corespunzătoare modelului se face ținînd seamă de scările alese S_u, S_i și S_t. Scările parametrilor principali în circuitele care conțin R, L, și C se determină din relațiile dintre tensiune și curent [4].

1. *Rezistența activă* (R). În realitate $U = R.i$; În model $U_m = R_m . i_m$.

$$S_R = \frac{R_m}{R} = \frac{U_m}{U} \cdot \frac{i}{i_m} = \frac{S_u}{S_i}$$

2. *Impedanța caracteristică* (Z) *a liniilor fără pierderi* se modelează ca și rezistența activă adică $S_z = S_R$.

3. *Capacitatea* (C). În realitate $i = C \frac{dU}{dt}$; În model $U_m = C_m \cdot \frac{dU_m}{dt_m}$.

$$S_c = \frac{C_m}{C} = \frac{i_m \frac{dU}{dt}}{i \frac{dU_m}{dt_m}} = S_i \frac{\frac{dU}{dt}}{\frac{S_u}{St} \cdot \frac{dU}{dt}} = \frac{S_i S_t}{S_u} = \frac{S_t}{S_R}.$$

a) Modelarea elementelor cu constante uniform repartizate. Modelarea elementelor cu constante uniform repartizate se face cu ajutorul unui număr

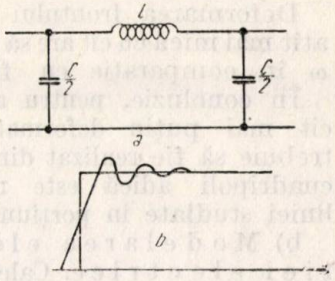


Fig. 7. Modelarea elementelor cu constante uniform repartizate :

a – schema unui cuadripol ; *b* – deformarea undei dreptunghiulare.

limitat de cuadripoli în lanț de forma π sau τ (fig. 7, *a*, 7, *b*). Pentru liniile fără pierderi, fiecare cuadripol conține numai inductanța L și capacitatea C. Lanțul de cuadripoli astfel construit este un filtru de frecvențe joase care lasă să treacă fără atenuare toate frecvențele mai mici de $\omega_{cr} = \frac{2}{\sqrt{LC}}$. Cu cît este mai mică inductanța și capacitatea fiecărui cuadripol adică cu cît este mai mare numărul cuadripolilor care înlocuiește porțiunea de linie, cu atît este mai mare ω_{cr} adică va trece fără atenuare un spectru mai mare de frecvențe.

Impedanța caracteristică a lanțului de cuadripoli (formați din scheme π) se calculează după formula :

$$Z_c = \sqrt{\frac{L}{C}} \cdot \frac{1}{\sqrt{1 - \left(\frac{\omega}{\omega_{cr}}\right)^2}}.$$

iar timpul parcurs de undă

$\tau = n \cdot \sqrt{LC} = \frac{2\pi}{\omega_{cr}}$; n – numărul de cuadripoli. La alegerea numărului de cuadripoli care înlocuiesc porțiunea de linie este necesar ca frecvența undelor de tensiune să fie mai mică decît ω_{cr} pentru ca impedanța caracteristică a lanțului de cuadripoli să nu se deosebească prea mult de impedanța caracteristică a liniei modelate ($\sim 5\%$).

Cu ajutorul integralei Fourier orice impuls aperiodic poate fi reprezentat sub aspectul unui spectru de funcții armonice ale căror frecvențe se schimbă continuu de la zero la infinit.

Armonicele cu frecvența $\omega > \omega_{cr}$ nu vor fi lăsate să treacă prin lanțul de cuadripoli, ceea ce are ca rezultat deformarea impulsului aplicat.

De exemplu, impulsul dreptunghiurilor aplicat la începutul lanțului de cuadripoli după trecerea lanțului se deformează ca în fig. 7, *b*. Cu cît este mai mică panta undei cu atît este mai mică greutatea specifică a armonicilor superioare, deci impulsul trecînd prin lanțul de cuadripoli va fi mai puțin deformat.

Lungimea frontului τ_f de asemenea poate fi caracterizată de frecvența echivalentă ω. Pentru această formă a frontului avem ecuația :

$$U = \frac{U_0}{2}(1 - \cos \omega t);$$

$$\omega \cdot \tau_f = \pi.$$

Deformarea frontului undei are să fie cu atît mai mică cu cît are să fie mai mică frecvența ω în comparație cu frecvența critică ω_{cr}.

În concluzie, pentru a se obține impulsuri cît mai puțin deformate modelul de rețea trebuie să fie realizat dintr-un număr mare de cuadripoli adică este necesară segmentarea liniei studiate în porțiuni cît mai mici.

b) Modelarea elementelor stației electrice. Calculele schemei de protecție împotriva supratensiunilor atmosferice ca și măsurătorile care se fac pe modelul de stație au scopul de a determina tensiunea cea mai mare posibilă la bornele transformatorului.

Întrucît impedanțele caracteristice ale transformatoarelor sînt relativ mari, iar procesele tranzitorii se petrec într-un timp îndelungat, transformatorul se poate înlocui printr-o capacitate de intrare a undei în transformator.

Cu capacități echivalente se înlocuiesc și celelalte elemente : întrerupătoare, separatoarele ș.a.

Mai jos se dau capacitățile echivalente ale elementelor stațiilor folosite pentru calculul supratensiunilor [2].

Elementul	Capacitatea echivalentă pF
Transformator fără ecrane și capacități de compensare	600
Transformatoare fără rezonanță	1 000—1 500
Transformator de tensiune	200— 300
Întreruptor cu aer comprimat	300— 400
Separator închis	40
deschis	30
Barele de legătură între elementele stației	

c) Modelarea descărcătorului cu rezistență variabilă. Modelul descărcătorului cu rezistență variabilă se compune din 2 părți :

1. Modelul eclatoarelor ;

2. Modelul rezistenței variabile.

1. Modelul eclatoarelor (fig. 8, *a*). Străpungerea eclatoarelor este limitată de închiderea circuitului prin tiratron, lucru care are loc în momentul cînd tensiunea culeasă de pe brațul de sus al rezistenței variabile (tensiunea dintre grilă și catodă) compensează potențialul negativ al grilei. Capacitatea legată în paralel cu partea de sus a rezistenței variabile încetinește creșterea tensiunii la grilă.

Schimbînd constanta de timp la încărcarea condensatorului care depinde de mărimea condensatorului și de relația între brațele rezistenței variabile se pot schimba în timpul necesar străpungerii.

În acest fel, cu ajutorul rezistenței variabile și al potențiometrului din circuitul grilei se poate schimba tensiunea de lucru a tiratronului și timpul necesar străpungerii, adică se stabilește caracteristica volt-secundă.

Capacitatea legată în paralel cu partea de sus a rezistenței se deconectează în cazul modelării descărcătorului cu rezistență variabilă deoarece timpul necesar formării străpungerii eclatoarelor trebuie să fie minim.

2. Modelul rezistenței variabile. Acesta se face folosind următoarea metodă : se înlocuiește caracteristica volt-amper reală a descărcătorului cu o caracteristică asemănătoare formată din două linii drepte (fig. 8, *c*).

După funcționarea tiratronului care modelează eclatoarele, panta caracteristicii volt-amper este determinată de mărimea rezistenței R_1.

Sursa de curent continuu dă la capacitatea de stabilitate o tensiune negativă U_0. Gazotronul G se va aprinde în momentul cînd tensiunea la rezistența R_1 se va face mai mare decît U_0. După aprinderea gazotronului G, tensiunea la descărcător se compune din constanta U_0 plus variabila $id \cdot \frac{R_1 \cdot R_2}{R_1 + R_2}$ înclinația fiind dată de raportul $\frac{R_1 \cdot R_2}{R_1 + R_2}$ [4].

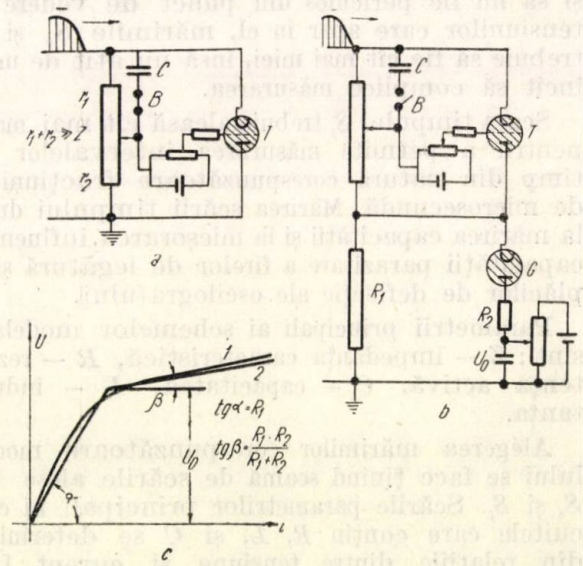


Fig. 8.

a – schema modelului eclatorilor ; *b* – schema modelului descărcătorului cu rezistența variabilă ; *c* – caracteristica volt-amper a descărcătorului cu rezistență variabilă : *1* – caracteristica reală ; *2* – caracteristica modelată.

d) Modelarea undelor de supratensiune din linie. Generatorul de tensiuni de impuls (fig. 9) funcționează în felul următor :

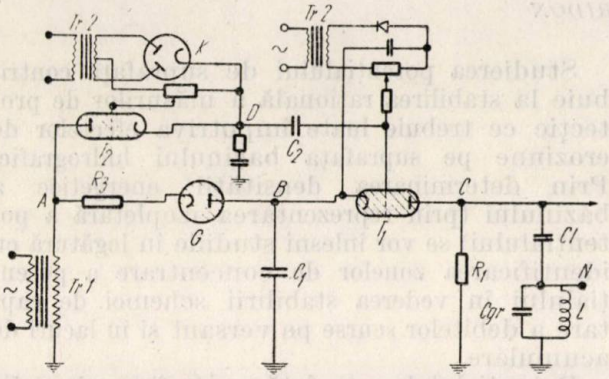


Fig. 9. Schema modelului generatorului de tensiuni de impuls.

Condensatorul C_1 se încarcă de la transformatorul T_1 prin gazotronul G în jumătatea de perioadă în care potențialul punctului A al schemei este negativ (fig. 10).

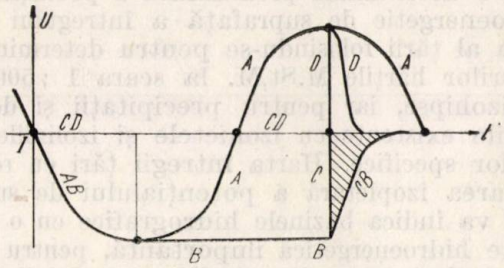


Fig. 10. Aprecierea potențialelor din schema generatorului de tensiuni de impuls.

Tiratronul T_1 este blocat de potențialul negativ al grilei față de catodă. În a doua jumătate de perioadă cînd potențialul punctului A este pozitiv, se deblochează tiratronul T_2 și de la catoda lui (punctul D) prin condensatorul C_2 pleacă un impuls pozitiv de sincronizare la grila tiratronului T_1. Tiratronul T_1 se deschide și capacitatea C_1 se descarcă prin R_1, tensiunea de ieșire a generatorului de tensiune de impuls crește brusc la început și apoi descrește treptat. Forma impulsului de tensiune depinde de valorile C_1, R_1. Prin condensatorul C_1 este cuplat circuitul oscilant C_{gr} și L_{gr} de anoda tiratronului T_1. Cînd se deschide T_1, impulsul de tensiune care se aplică pe acest circuit dă naștere la oscilații, amortizate cu perioada

$$T_{gr} = 2\,\pi\sqrt{L_{gr} \cdot C_{gr}}\,.$$

Tensiunea culeasă din circuitul oscilant este folosită pentru gradarea axei timpului pe ecranul oscilografului.

Dacă tensiunea primită de la generatorul de tensiune de impuls se aplică la schema de studiat, iar tensiunea din punctul dorit se aplică la plăcile de deflecție verticală ale unui tub catodic, spotul de electroni descrie periodic pe ecran curba tensiunii în timp. Avînd frecvența repetării fenomenului egală cu 50 ori pe secundă, imaginea de pe ecran va fi văzută ca o imagine fixă putînd fi deci desenată sau fotografiată.

Concluzii practice

La sectorul de raționalizări energetice din cadrul întreprinderii Enego-Reparații din București a fost realizată o asemenea masă pentru modelarea supratensiunilor de natură atmosferică. Impulsurile de tensiune avînd amplitudinea de cca. 500 V cu frecvența de 50 Hz și de forma 1/50 μs la scara timpului aleasă, cad pe modelul de rețea format din cuadripoli. Modelul de rețea se găsește în legătură cu schema stației oricît de complicată s-ar prezenta, iar punctele din schema stației unde în realitate sînt descărcătoarele cu rezistență variabilă se montează un model al descărcătorului.

Această masă cu descrierea ei constructivă are să formeze titlul unui viitor articol în care vor fi arătate posibilitățile practice de executare.

Datele obținute pînă în prezent sînt apropiate de calculele analitice și pe măsură ce se vor preciza rezultatele experimentărilor vor face posibilă prezentarea unei lucrări complete.

1. Cu ajutorul modelării fenomenelor care au loc în stațiile electrice în momentul sosirii undelor de supratensiune se poate aprecia cu o eroare de 15—20% gradul de protecție împotriva supratensiunilor atmosferice.

2. Modelarea stațiilor permite analiza unui mare număr de variante de scheme ale stațiilor, alegînd din acestea varianta cea mai economică și cea mai eficace din punct de vedere al protecției la supratensiuni atmosferice pentru fiecare stație.

3. Modelînd procesele tranzitorii de scurtă durată care au loc imediat după sosirea din linie a undelor de supratensiune se reduce considerabil timpul necesar calculelor analitice pentru determinarea punctelor cu potențialul cel mai ridicat din schema stației.

Cu acest model se poate stabili schema cea mai nefavorabilă din punct de vedere al protecției împotriva supratensiunilor.

De asemenea, se poate stabili distanța maximă admisibilă între descărcător și transformator.

4. Tot cu acest model se poate determina panta frontului undei de supratensiune pe care poate să o suporte izolația stației fără să se străpungă ; deci se poate determina lungimea intrărilor liniilor în stații.

Bibliografie

1] Sirotinski L. I. : *Tehnica tensiunilor înalte*, vol. I, II, III.

2] Kostenko M. V. : *Supratensiunile atmosferice și protecția de trăsnet a instalațiilor de înaltă tensiune.*

3] Dolghinov A. I. : *Protecția de trăsnet a instalațiilor electrice.*

4] Razevig D. V. : *Conspectul lecțiilor de la catedra TVN predate la Institutul Energetic Moscova.*

Metode pentru determinarea potențialului hidroenergetic de suprafață al R.P.R.

Ing. *D. SPIRIDON*

Prin potențialul hidroenergetic de suprafață al unui bazin hidrografic se înțelege potențialul precipitațiilor și potențialul scurgerii efective pe suprafața bazinului de recepție. În articolul „Circuitul apei în natură și potențialul hidroenergetic" publicat în revista Energetica nr. 2, 1959, s-au definit diversele categorii ale potențialului de suprafață și s-a arătat că potențialul din precipitații (E_p) și cel de scurgere (E_{sc}) poate fi exprimat prin următoarele relații.

$$E_p\,(\text{GWh/an}) = k_2 \int_S hH\,dS \text{ și} \qquad (1)$$

$$E_{sc}\,(\text{GWh/an}) = K_3 \int_S qH\,dS \qquad (2)$$

unde :

h (mm/an) = precipitația medie ;
q (1/s. km²) = debitul specific de scurgere ;
s (km²) = suprafața bazinului de recepție ;
H (m) = altitudinea medie ;
$k_2 \cong 2{,}725 \times 10^{-6}$ și
$k_3 = 86 \times 10^{-6}$.

În calculele analitice, pe elemente de suprafață — ΔS_i (km²) — relațiile (1) și (2) se scriu sub formă de sume :

$$E_p\,(\text{GWh/an}) = k_2 \sum_{i=1}^{n} h_i \Delta S_i H_i \qquad (3)$$

$$E_{sc}\,(\text{GWh/an}) = k_3 \sum_{i=1}^{n} q_i \Delta S_i H_i. \qquad (4)$$

În trecut operația de cadastrare a potențialului hidroenergetic se oprea la calculul potențialului hidroenergetic liniar (potențialul cursurilor de apă) deoarece majoritatea amenajărilor hidrotehnice, inclusiv cele hidroelectrice, se dezvoltau de-a lungul cursurilor de apă. În prezent cînd condițiile tehnice sînt avansate și cînd necesitățile de apă și energie au crescut este util ca să se ia în considerare energia potențială a întregii cantități de apă ce cade pe bazin, a întregului debit de suprafață, inclusiv debitul scurs de pe versanți. În condițiile moderne de utilizare a energiei debitului scurs de pe versanți în regiunile muntoase și de amenajare pe scară largă a cursurilor mici de apă pentru electrificarea microregiunilor este necesară și cunoașterea completă a rezervelor de energie hidroelectrică.

Dacă potențialul din precipitații are în prezent o însemnătate mai mult teoretică, potențialul de scurgere are o importanță practică și imediată. Din această cauză țările care dispun de bogate resurse hidroenergetice au trecut în planul de cadastrare a forțelor hidraulice inventarierea potențialului de suprafață.

Studierea potențialului de suprafață contribuie la stabilirea rațională a măsurilor de protecție ce trebuie luate împotriva efectelor de eroziune pe suprafața bazinului hidrografic. Prin determinarea densității energetice a bazinului (prin reprezentarea izopletară a potențialului) se vor înlesni studiile în legătură cu identificarea zonelor de concentrare a potențialului în vederea stabilirii schemei de captare a debitelor scurse pe versant și în lacuri de acumulare.

Potențialul de suprafață poate fi exprimat fie în tm sau unități hidroelectrice (kWh sau GWh). De asemenea se obișnuiește să se reprezinte grafic prin izoplete kWh/m² sau GWh/km².

Înainte de a se face un studiu al potențialului de suprafață pe bazine hidrografice parțiale ale cursurilor noastre de apă este indicat să se facă o determinare preliminară a potențialului hidroenergetic de suprafață a întregului teritoriu al țării folosindu-se pentru determinarea căderilor hărțile M.St.M. la scara 1 : 500 000 cu izohipse, iar pentru precipitații și debite hărțile existente cu izohietele și izoliniile debitelor specifice. Harta întregii țări cu reprezentarea izopletară a potențialului de suprafață va indica bazinele hidrografice cu o densitate hidroenergetică importantă, pentru care vor trebui întocmite studii mai detaliate și în al doilea rînd va indica zonele cu un potențial hidroenergetic redus pentru care nu vor mai trebui să se întocmească studii de detaliu cu privire la potențialul de suprafață.

Studiul, într-o primă ediție, al potențialului de suprafață pentru întreg teritoriul R.P.R. este de un real folos în întocmirea „Atlasului resurselor hidroenergetice" pe bazine hidrografice, la care în prezent lucrează I.S.P.E. în colaborare cu Institutul de Energetică al Academiei R.P.R.

A. Metode de calcul al potențialului de suprafață

I. *Calculul potențialului din precipitații cu ajutorul curbei hipsografice și a corelației precipitații-altitudini.* Calculul prin această metodă începe prin trasarea curbei hipsografice a întregului bazin ce urmează a fi studiat $S=f(H)$.

După o hartă a bazinului cu izohipse se calculează suprafețele sectoarelor delimitate de diferite curbe de nivel alese și se raportează valorile obținute în abscisă pe un grafic unde se figurează în ordonate altitudinile inferioare suprafeței studiate. Curba astfel construită arată

proporția suprafețelor bazinului la diverse altitudini considerate deasupra nivelului mării.

Pe aceeași figură (fig. 1) se trasează și curba corelației precipitații-altitudini $h = f(H)$.

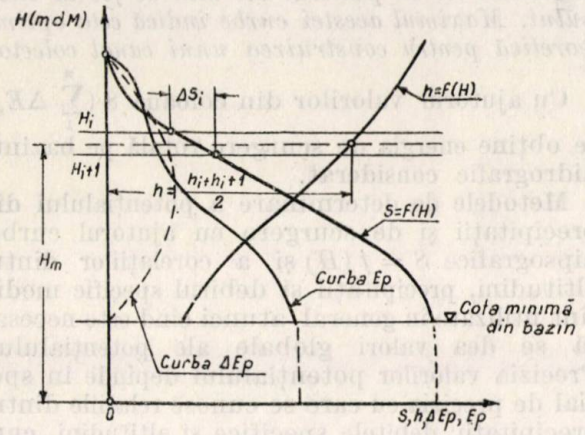


Fig. 1.

Pentru fiecare element de suprafață ΔS_i care rezultă din intersecția a două orizontale situate la cota H_i și H_{i+1}, se determină o valoare medie a precipitațiilor medii (h_i — mm/an) cu ajutorul curbei $h = f(H)$ și altitudinea medie (H_m).

Cu aceste elemente stabilite și prin aplicarea formulei

$$E_p\,(\text{GWh/an}) = k_2\, h_i\, \Delta S_i\, H_m \qquad (5)$$

unde :

$$k_2 = \frac{9{,}81 \times 8\,760}{31\,560 \times 10^6} = 2{,}725 \times 10^{-6}$$

obținem valoarea potențialului pentru fiecare element de suprafață ΔS_i.

Pentru întregul bazin, calculele se pot rezuma sub forma tabelei 1.

În coloana 5 se scrie altitudinea medie a suprafeței de bazin ΔS_i față de nivelul mării sau alt reper. Pentru cota medie a suprafeței se admite formula :

$$H_m = \frac{H_i + H_{i+1}}{2}.$$

În coloana 6, h_i reprezintă precipitația medie anuală (sau semestrială, dacă potențialul din precipitații se calculează pe semestre de vară sau iarnă).

În coloana 7, se află pentru fiecare element de suprafață valoarea lui ΔE_p cu formula (5).

Cu valorile din coloana 7 putem construi curba ΔE_p (fig. 1) *în funcție de altitudine, care indică energia dată de precipitațiile corespunzătoare suprafeței* ΔS *dintre cotele* H_i *și* H_{i+1} *față de punctul cel mai de jos al bazinului (dacă potențialul se calculează față de acest reper) sau nivelul mării.*

Cu ajutorul valorilor din coloana 8, se obține valoarea potențialului precipitațiilor pe întreg bazinul hidrografic considerat :

$$E_p\,(\text{GWh/an}) = \sum_{i=1}^{n} \Delta E_p = k_2 \sum_{i=1}^{n} h_i\, \Delta S_i H_n. \qquad (6)$$

II. *Calculul potențialului de scurgere cu ajutorul curbei hipsografice și a corelației dintre altitudini și debitul specific mediu.* Această metodă pentru determinarea potențialului de scurgere este analoagă cu metoda precedentă descrisă la determinarea potențialului din precipitații.

Calculul începe prin trasarea curbei hipsografice a bazinului $S = f(H)$ și curbei ce exprimă corelația dintre altitudine și debitul specific $q = f(H)$, (fig. 2). Pentru fiecare din principalele cote utilizate (de exemplu i și $i + 1$) se determină valoarea medie a debitelor specifice (q — 1/s. km²) pentru anul mediu normal sau sezonier — semestrul de iarnă și semestrul de vară — de pe curba $q = f(H)$, cum și

Tabela 1

Nr. crt.	Elementul de suprafață cuprins între cota H_i și H_{i+1}	ΔH (m)	ΔSi (km²)	$H_m = \frac{H_i + H_{i+1}}{2}$ (mdM)	h_i (mm/an)	E_p GWh/an	$\sum_{i=1}^{n} \Delta E_p$ (GWh/an)
1	2	3	4	5	6	7	8
1	$H_1 - H_2$						
2	$H_2 - H_3$						
⋮							
i	$H_i - H_{i+1}$						
⋮							
n	$H_n - H_{n+1}$						
	Total bazin		$S = \sum_{i=1}^{n} \Delta S_i$			E_p	E_p

În coloana 3, ΔH reprezintă lățimea benzii pentru care se află valoarea energiilor, adică diferența dintre altitudinile considerate.

ΔS_i din coloana 4 este suprafața de bazin cuprinsă între cotele H_i și H_{i+1}.

elementele de suprafață ΔS_i (km²) corespunzătoare de pe curba hipsografică $S = f(H)$. Cu aceste elemente se calculează potențialul de scurgere prin aplicarea formulei:

$$E_{sc}\,(\text{GWh/an}) = k_3 \sum_{i=1}^{n} q\ \Delta S_i\ H_m \qquad (7)$$

Ca și în cazul precedent, calculele potențialului de scurgere pot fi conduse tabelar (tabela 2).

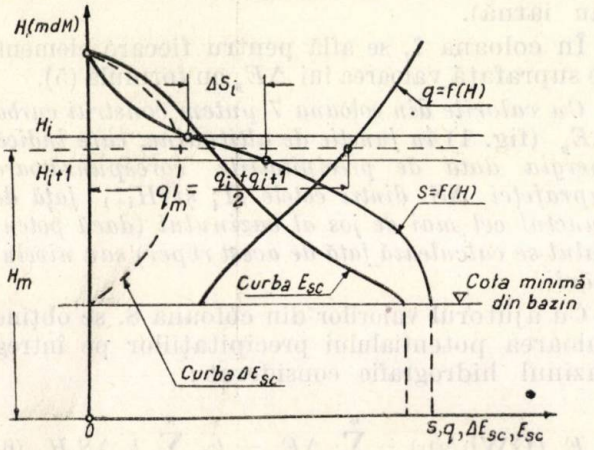


Fig. 2.

În coloana 3, ΔH reprezintă lățimea benzii pentru care se află valoarea energiei. În coloana 4 se înscriu suprafața bazinului situat între cotele H_i, H_{i+1} iar în coloana 5 se trece cota medie a suprafeței ΔS_i, față de nivelul mării, sau alt reper.

Cu valorile din coloana 7 se poate determina curba ΔE_{sc} în funcție de altitudine, care indică energia ce s-ar putea obține prin colectarea stocului în canale de coastă la o anumită cotă și utilizarea lor în punctul cel mai de jos al bazinului. Maximul acestei curbe indică cota optimă teoretică pentru construirea unui canal colector.

Cu ajutorul valorilor din coloana 8 ($\sum_{1}^{n} \Delta E_{sc}$) se obține energia de scurgere totală pe bazinul hidrografic considerat.

Metodele de determinare a potențialului din precipitații și de scurgere cu ajutorul curbei hipsografice $S = f(H)$ și a corelațiilor dintre altitudini, precipitații și debitul specific mediu sînt utilizate în general atunci cînd este necesar să se dea valori globale ale potențialului. Precizia valorilor potențialului depinde în special de precizia cu care se cunosc relațiile dintre precipitații, debitele specifice și altitudini, cum și de distribuția precipitațiilor în bazin. Într-un bazin hidrografic, dacă se ia în considerare aceeași bază hidrologică, valorile globale ale potențialului de suprafață rezultate prin aceste metode au o abatere sub 2% față de valorile obținute prin metoda de determinare a potențialului de suprafață cu ajutorul izohipselor, izohietelor și a izomodulelor. Aceasta s-a confirmat din studiul comparativ întocmit la mai multe bazine hidrografice.

În general prin aplicarea acestor metode, la bazine hidrografice mari, nu se obține o imagine a modului cum este repartizat potențialul de suprafață în bazin și nu se pot identifica zonele cu densități diferite de energie. De aceea,

Tabela 2

Nr. crt.	Elementul de suprafață cuprins între cotele H_i și H_{i+1}	ΔH (m)	ΔS_i (km²)	$H_m = \frac{H_i + H_{i+1}}{2}$ (mdM)	q (l/s.km²)	ΔE_{sc} (GWh)	$\sum_{i+1}^{n} \Delta E_{sc}$ (GWh)
1	2	3	4	5	6	7	8
1	$H_1 - H_2$						
2	$H_2 - H_3$						
⋮							
i	$H_i - H_{i+1}$						
⋮							
n	$H_n - H_{n+1}$						
	Total bazin		$S = \sum_{i=1}^{n} \Delta S_i$			E_{sc}	E_{sc}

Debitul specific mediu anual sau semestrial (l/s. km²) se trece în coloana 6.

În coloana 7 se află pentru fiecare element de suprafață valoarea lui ΔE_{sc} cu formula:

$$\Delta E_{sv}\,(\text{GWh/an}) = k_3\, q\ \Delta S_i\ H_m \qquad (8)$$

unde k_3, q, ΔS_i și H_m au aceeași semnificație ca în formulele 7 și 4.

aceste metode sînt folosite deseori ca operație parțială, la metoda de determinare a liniilor izopotențiale prin împărțirea bazinului hidrografic în bazine parțiale („metoda de determinare a potențialului de suprafață pe bazine parțiale"). Prin această metodă, pentru fiecare subbazin se calculează altitudinea medie (H_m) precipitația medie (h_m) și debitele specifice de scurgere medie (q_m). Trasarea izopletelor

(GWh/an. km²) se face ținînd seama de corelațiile h (mm/an) $= f(H)$ și q (l/s.km²) $= f(H)$, cum și de curbele ΔE_p, $E_p = f(H)$ și ΔE_{sc}, $E_{sc} = f(H)$.

După trasarea liniilor echipotențiale se calculează valoarea potențialului de suprafață E_p, E_{sc} prin planimetrarea succesivă a suprafețelor ($S_{i,\,i+1}$) cuprinse între izopletele succesive (e_i și e_{i+1}) și prin utilizarea formulei (9) :

$$E_p, E_{sc}\,(\text{GWh/an. km}^2) = \sum_{i=1}^{n} S_{i,\,i+1}(e_i + e_{i+1})/2. \quad (9)$$

La bazine mici se mai urmărește ca abaterea valorilor potențialului determinat cu relația (9)să fie minimă față de acelea obținute prin formulele :

$$E_p\,(\text{GWh/an}) = k_2\, h_m\, S\, H_m \quad (10)$$

$$E_{sc}\,(\text{GWh/an}) = k_3\, q_m\, S\, H_m \quad (11)$$

unde :

h_m (mm/an), q_m (l/s. km²) și H_m (mdM)

reprezintă respectiv precipitația, debitul specific și altitudinea medie ale bazinului hidrografic sau ale subbazinului cu suprafața S (km²).

Avantajul acestei metode constă în faptul că trasarea izopletelor potențialului de suprafață (e_p, e_{sc} = ct) se poate face fără ajutorul izohietelor (h = ct) și izomodulelor (q = ct).

III. *Calculul potențialului din precipitații cu ajutorul izohipselor și izohietelor.* Obiectivul principal al acestei metode este de a se evalua potențialul precipitațiilor sub forma unei mărimi continui definite de izopletele unor serii de mărimi discontinui de altitudini și precipitații.

Această metodă este aplicabilă atît la bazinele cursurilor de apă mici, cît și la regiuni mai

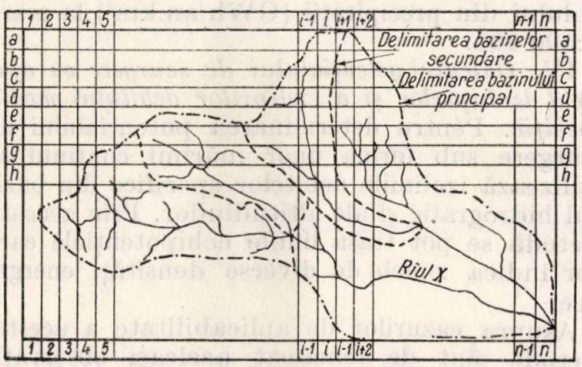
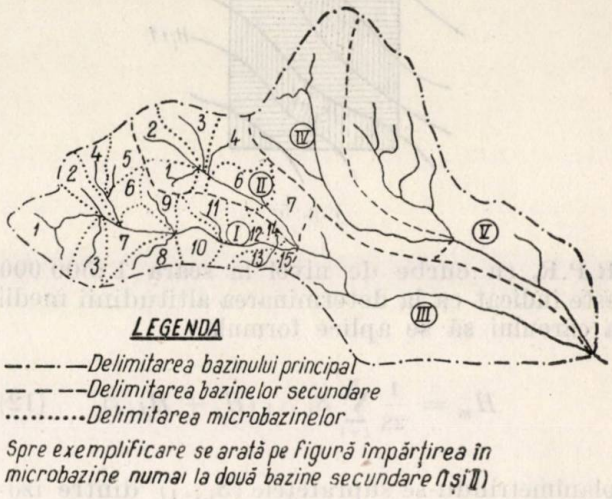


Fig. 3.

mari. În general este folosită la determinarea izopletelor potențialului de suprafață a teritoriului unei țări.

Determinarea potențialului hidroenergetic de suprafață prin această metodă începe prin trasarea unui cadrilaj rectangular de formă pătratică pe harta bazinului cu rețeaua hidrografică, cu izohipse și izohiete (fig. 3). Pentru simplificare, în fig. 3 s-a schițat numai rețeaua hidrografică a unui bazin fără izohipse și izohiete.

Împărțirea bazinului hidrografic în carouri poate fi înlocuită printr-o împărțire a bazinului de recepție în bazine parțiale mici (microbazine) „metoda microbazinelor versante", așa cum este indicat în fig. 4. Aplicarea metodei prin împărțirea bazinului într-o rețea de carouri se recomandă pentru studiul potențialului pe întreaga suprafață a teritoriului țării. Metoda microbazinelor versante se aplică în genere la studiul potențialului de suprafață al unui bazin hidrografic.



Spre exemplificare se arată pe figură împărțirea în microbazine numai la două bazine secundare (I și II)

Fig. 4.

Mărimea pătratului se ia în funcție de densitatea stațiunilor pluviometrice, hidrometrice și de forma reliefului. Astfel, pentru potențialul de suprafață al R.P.R. calculat pe bazine hidrografice, se recomandă harta cu izohipsele la scara 1 :100 000 și este indicat a se lua un carou cu o suprafață sub 10 km² (un carou pe hartă cu o latură de circa 3 cm) în regiunea de munte și deal. În regiunea de șes se recomandă un carou cu o suprafață pînă la 100 km². Cînd se întocmește calculul de inventariere a potențialului hidroenergetic de suprafață al întregului teritoriu al țării se recomandă harta cu izohipse și izohiete la scara 1 :500 000 și este indicat a se lua în regiunea de munte și deal carouri cu o suprafață mai mică de 225 km² (adică cu o latură mai mică de circa 15 km) și în regiunea de șes pot fi dublate.

Pentru microbazine, mărimea suprafețelor se recomandă să fie în genere la fel ca cele indicate pentru carouri.

Pentru identificarea carourilor se recomandă să se noteze carourile pe verticală cu literele alfabetului latin și grecesc, iar coloanele cu cifre arabe de la 0 la n (fig. 3).

După ce a fost trasat caroiajul, se calculează pentru fiecare pătrat altitudinea medie și precipitația medie. Pentru harta cu izoliniile potențialului de suprafață al întregului teritoriu al țării, care se face în mod obișnuit pe harta

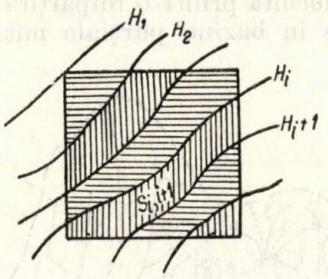


Fig. 5.

R.P.R. cu curbe de nivel la scara 1 :500 000 este indicat ca la determinarea altitudinii medii a caroului să se aplice formula :

$$H_m = \frac{1}{2S} \sum_{i=1}^{n} S_{i,i+1} (H_i + H_{i+1}) \qquad (12)$$

planimetrîndu-se suprafețele ($S_{i,i+1}$) dintre izohipsele H_i, H_{i+1} (fig. 5). În relația (12) S reprezintă suprafața în km² a caroului ales sau a microbazinului.

Precipitația medie aferentă a fiecărui carou se determină prin interpolarea izohietelor, care vor fi trasate sau nu pe aceeași hartă, dar cu aceeași rețea rectangulară.

Fiind determinate valorile altitudinilor medii și ale precipitațiilor corespunzătoare se trece la calculul potențialului specific (GW/km² sau kWh/m²). Calculele potențialului din precipitații după această metodă pot fi rezumate în tabela 3.

Tabela 3

Poziția pătratului	H_m (m)	ΔS_i (km²)	h (mm)	Energia specifică e_p (GWh/km²)	Energia totală a unui carou sau a unui microbazin versant ΔE (GWh)
1	2	3	4	5	6
$a-1$ $a-2$ ⋮ $a-n$ $b-1$ ⋮ $h-1$ $h-n$					
		$S = \sum_{i=1}^{n} \Delta S_i$			$E_p = \sum_{i=1}^{n} \Delta E$

În coloana 1 se înscrie poziția pătratului, așa cum s-a indicat mai sus. În colcanele 3 și 4 sînt trecute respectiv altitudinea medie (absolută sau relativă) precipitația medie și suprafața aferentă fiecărui carou (coloana 2).

În coloana 5 se înscrie valoarea energiei specifice care se calculează cu ajutorul formulei :

$$e_p \text{ (kWh/an} \cdot \text{km}^2) = 2{,}725\ h \times H_m \qquad (13)$$

unde :

h (mm) este precipitația medie ;

H_m (m) — altitudinea medie.

Formula (13) se deduce ușor din formula (5), unde : $S_i = 1$ km².

Dacă valorile potențialului specific sînt calculate în GWh/an.km², formula (13) devine :

$$e_p \text{ (GWh/an} \cdot \text{km}^2) = 2{,}725 \times 10^{-6}\ h\, H_m . \qquad (14)$$

În coloana 6 se înscrie valoarea energiei aferente fiecărui carou sau microbazin calculată cu formula :

$$\Delta E_p \text{ (GWh/an)} = 2{,}725 \times 10^{-6}\ h\, \Delta S H_m. \qquad (15)$$

Valorile energiei specifice (e_p) astfel calculate (coloana 5 din tabelă) sînt raportate în centrul de greutate al pătratului sau al suprafeței microbazinului versant considerat. O altă metodă mai puțin exactă ar fi de a înscrie valoarea calculată în punctul unde cursul de apă principal din microbazin taie curba de altitudine medie. Dar, dat fiind că centrul microbazinului este relativ ușor de determinat, va fi de preferat de a se amplasa valoarea potențialului specific aici, decît să fie pusă pe cursul de apă, aceasta din urmă putînd să se afle uneori la extremitatea bazinului. Prin punctele astfel determinate se trece la operațiunea de filare a izopletelor potențialului din precipitații (GW/km² sau kWh/m²).

Avînd izopletele potențialului din precipitații specific (GWh/km²) trasate, se poate calcula potențialul pentru orice zonă a bazinului, prin planimetrări succesive a suprafețelor $S_{i,i+1}$ (km²) cuprinse între izopletele succesive e_i și e_{i+1}.

Prin acest procedeu a fost întocmită într-o primă ediție harta R.P.R. cu izopletele potențialului din precipitații (GWh/an.km²) la scara 1 :500 000.

IV. *Calculul potențialului de scurgere cu ajutorul izohipselor și a izoliniilor debitului mediu specific.* Pentru determinarea potențialului de scurgere sub forma unor mărimi continui se utilizează izoliniile debitelor specifice din bazinul hidrografic și ale altitudinilor. Prin această metodă se pot trasa liniile echipotențiale care vor indica zonele de diverse densități energetice.

Asupra cazurilor de aplicabilitate a acestei metode sînt de remarcat aceleași observații care au fost făcute în cazul potențialului din precipitații. Valabilitatea izopletelor potențialului de scurgere depinde în cea mai mare măsură de densitatea stațiunilor hidrometrice și de gradul de precizie cu care au fost determinate izoliniile debitelor specifice.

În ceea ce privește fazele de lucru, sînt aceleași ca și în cazul metodei III, de la potențialul din precipitații.

Pe o hartă a bazinului de studiat, pe care sînt trasate izohipsele și izoliniile debitului specific mediu se figurează caroiajul sau se subîmparte bazinul în bazine parțiale mici (microbazine). În ceea ce privește modul de trasare a caroiajului cum și dimensiunile caroului sînt valabile observațiile făcute la determinarea potențialului din precipitații.

Fiind determinate valorile altitudinilor medii și a debitelor specifice medii, pentru fiecare carou sau microbazin versant, se trece la calculul potențialului specific mediu exprimat în GWh/km² sau kWh/m².

Calculul acesta poate fi rezumat într-un tabel asemănător cu acela de la potențialul din precipitații (tabela 4).

Tabela 4

Poziția caroului sau a microbazinului	H_m (m)	ΔS_i (km²)	q (l/s·km²)	Energia specifică e_{sc} (GWh/km²)	Energia totală a unui carou sau a unui microbazin ΔE (GWh)
1	2	3	4	5	6
$a-1$ $a-2$ ⋮ $a-n$ $b-1$ $b-2$ ⋮ $h-1$ $h-n$					
		$S=\sum_1^n \Delta S_i$			$E_{sc}=\sum_1^n \Delta E$

În coloana 1 se înscrie poziția caroului sau a microbazinului. În coloana 2, 3 și 4 se trece respectiv altitudinea medie (absolută sau relativă), suprafața (km²) fiecărui carou sau microbazin versant și debitul specific mediu.

În coloana 5 se înscrie valoarea potențialului specific fiecărui carou sau microbazin care se calculează cu formula :

$$e_{sc}\,(\text{GWh/an}\cdot\text{km}^2) = k_3\, q_i\, H_m \qquad (16)$$

unde :

q_i (l/s·km²) este debitul specific mediu corespunzător elementului de suprafață ;

H_m (m) — altitudinea medie a elementului de suprafață ;

$$k_3 \cong 86 \times 10^{-6}.$$

În coloana 6 se înscrie puterea sau energia aferentă caroului sau a microbazinului versant calculat cu formula :

$$\Delta E_{sc}\,(\text{GWh/an}) = e_{sc}\,\Delta S_i = \frac{85\,848}{10^3 \times 10^6}\, q\, H\, \Delta S_i =$$

$$= k_3\, q\, \Delta S_i\, H_m. \qquad (17)$$

Valoarea globală a potențialului de scurgere din bazinul hidrografic considerat se obține cu ajutorul relației :

$$E_{sc}\,(\text{GWh/an}) = \sum_{i+1}^{n} \Delta E_{sc} = k_3 \sum_{i=1}^{n} q\, \Delta S_i\, H_m. \qquad (18)$$

Valorile potențialului de scurgere specific (coloana 5 din tabel) sînt raportate în centrul de greutate al caroului sau al microbazinului de recepție. Prin punctele astfel determinate se filează izopletele potențialului considerat.

Harta R.P.R. la scara 1 :500 000 cu izopletele potențialului de scurgere (GWh/an·km²) a fost întocmită prin acest procedeu.

Observații

a) Tot prin procedeul de mai sus se poate calcula potențialul de scurgere cu ajutorul izohipselor, izohietelor și a izoliniilor coeficientului de scurgere (σ) prin utilizarea metodelor de la determinarea potențialului din precipitații. Formulele de calcul sînt analoge, fiind afectate de un coeficient egal cu σ. Pentru fiecare microbazin, h_{sc} se determină afectînd valoarea lui h cu coeficientul de scurgere aferent σ.

Formula (14) devine :

$$e_{sc}\,(\text{GWh/an}\cdot\text{km}^2) = 2{,}725 \times 10^6 \times \sigma\, h_i\, H_i\,. \qquad (19)$$

b) Deoarece de obicei calculul potențialului din precipitații se face în paralel cu cel de scurgere, este indicat a se face un tabel de calcul comun care să înlocuiască tabelele 2 și 4 arătate mai sus.

Un asemenea tabel va avea următoarele rubrici (tabela 5) :

După nevoie, numărul rubricilor de sus poate fi mărit. De exemplu cînd se face calculul potențialului de scurgere sezonier se pot adăuga rubrici cu valorile debitelor medii specifice de iarnă și vară (q_{mi} și q_{mv}) respectiv rubrici pentru valorile potențialului $e_{sc,i}$, ΔE_i, $e_{sc,v}$, ΔE_v, etc.

Pentru determinarea potențialului de scurgere semestrial (semestrul de iarnă — $e_{sc,i}$ — și semestrul de vară — $e_{sc,v}$) se folosesc formulele (20) și (21).

$$e_{sc,i}\,(\text{GWh/km}^2) = \frac{k_3}{2}\, q_{mi}\, H_m \qquad (20)$$

$$e_{sc,v}\,(\text{GWh/km}^2) = \frac{k_3}{2}\, q_{mv}\, H_m \qquad (21)$$

unde :

H_m (mdM) este altitudinea elementului de suprafață ;

e_{mi} (l/s.km²) — debitul specific mediu, semestru iarnă ;

q_{mv} (l/s.km²) — debitul specific mediu, semestru vară.

c) Procedeul „carourilor" sau „microbazinelor," de determinare a potențialului de suprafață al bazinelor hidrografice din R.P.R. pe

baza hărții precipitațiilor (h = ct) și a scurgerii (q = ct) poate fi înlocuit cu următorul procedeu preconizat de un grup de ingineri de la I.S.P.E. În punctele de intersecție a izohietelor și izomodulelor cu izohipsele se calculează valorile potențialului de suprafață (GWh/km²) și prin punctele astfel determinate se trasează liniile echipotențiale.

Acest procedeu de trasare a izopletelor potențialului necesită operații mai simple ca procedeul carourilor.

Procedeul „intersecțiilor" a fost aplicat în anul 1957, la o serie de subbazine din bazinele hidrografice Timiș-Bîrzava și Someș pentru studiul potențialului de suprafață. Deoarece pentru restul bazinelor hidrografice, din cadrul lucrării „Atlasul resurselor hidroenergetice din R.P.R." s-a stabilit că studiul potențialului de suprafață să se facă pe baza izohietelor și a izomodulelor se recomandă ca determinarea potențialului din precipitații și scurgere să se întocmească prin procedeul intersecțiilor.

Prin aplicarea în paralel a celor trei procedee („carourilor", „microbazinelor" și intersecțiilor") la mai multe bazine hidrografice a rezultat o abatere a valorii potențialului de suprafață față de acel calculat cu formula (9) de circa $\pm 2\%$.

Abaterile relative ale valorilor potențialului determinate prin metoda intersecțiilor față de cele determinate prin metoda carourilor sînt sub $\pm$ 3%.

B. Determinarea potențialului de suprafață relativ

Potențialul hidroenergetic de suprafață poate fi raportat la nivelul mării (potențial absolut) sau un reper oarecare (potențial relativ).

De obicei, atît pentru întreg teritoriul unei țări cît și pentru bazine hidrografice parțiale se determină izopletele și valorile potențialului de suprafață raportat la nivelul zero al mării. Acest procedeu este indicat pentru a se putea face cu ușurință comparația potențialului hidroenergetic de suprafață a diverselor țări atunci cînd se studiază resursele hidroenergetice pe regiuni întinse.

Tabela 5

Poziția caroului sau denumirea microbazinului	H_m (m)	ΔS (km²)	h (mm)	q (l/s·km²)	Energia specifică din precipitat e_p GWh/an·km²	Energia totală a microbazinului ΔE_p GWh/an·km²	Energia specifică de scurgere e_{sc} GWh/an·km²	Energia totală a unui carou sau a unui microbazin ΔE_{sc} GWh/an·km²
1	2	3	4	5	6	7	8	9
$a-1$ $a-2$ ⋮ $a-n$ $b-1$ $b-2$ ⋮ $h-1$ $h-n$								
		$S=\sum_1^n \Delta S_i$				$E_p=\sum_1^n \Delta E_p$		$E_{sc}\sum_1^n \Delta E_{sc}$

Pentru determinarea valorii reale a potențialului de suprafață din cadrul teritoriului țării este necesar să se facă calculul potențialului raportat la cota de ieșire din țară a cursului de apă. Apoi studiul comparativ între potențialul de suprafață și cel liniar teoretic, pentru diverse bazine parțiale, este indicat să se facă față de potențialul de suprafață raportat la cota minimă a bazinului, adică cota de ieșire din bazin a cursului de apă.

Cursurile de apă din țara noastră se scurg în parte spre Tisa, în mare parte spre Dunăre și numai o neînsemnată parte direct spre Marea Neagră. Majoritatea afluenților Tisei sînt limitați în cadrul teritoriului R.P.R. de către graniță. Pentru toate aceste cursuri de apă,

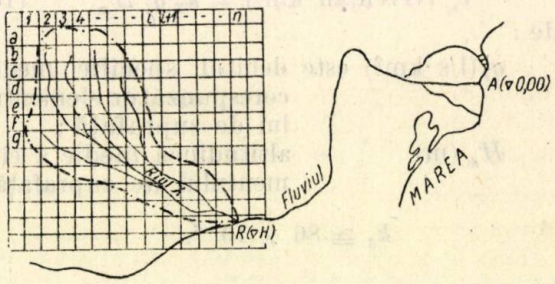


Fig. 6.

potențialul de suprafață relativ necesar la inventarul resurselor hidroenergetice ale R.P.R. se raportează la cota minimă din bazin. Pentru afluenții Dunării, potențialul de suprafață relativ se va raporta la cotele de vărsare.

În cele ce urmează se va arăta metoda de determinare a potențialului de suprafață relativ din cel absolut.

Fie bazinul hidrografic din fig. 6 al cărui curs principal este tributar unui fluviu, pe sectorul care formează și delimitarea de graniță. Se consideră că pentru bazinul rîului X este calculat potențialul de suprafață pe baza izopletelor potențialului raportat la nivelul mării și se cere să se determine valoarea potențialului hidroenergetic raportat la cota confluenței (R).

Pentru deducerea formulelor de calcul se va folosi următoarea notație :

E_A (GWh/an) — potențialul hidroenergetic de suprafață absolut al rîului X;
E_R (GWh/an) — potențialul hidroenergetic de suprafață relativ al rîului X;
ΔE (GWh/an) $= E_A - E_R$;
e_{pi} (GWh/an) — potențialul din precipitații exprimat în energie pe elementul de suprafață ΔS_i;
e_{sci} (GWh/an) — potențialul de scurgere exprimat în energie pe elementul de suprafață ΔS_i;
H_i (mdM) — altitudinea medie absolută a suprafeței ΔS_i;
H (mdM) — cota confluenței sau cota reperului față de care se calculează potențialul relativ;
H_i' (m) — altitudinea medie relativă a suprafeței ΔS_i ($H_i' = H_i - H$);
h (mm/an) — precipitația medie pe bazinul de recepție a rîului X;
h_i (mm/an) — precipitația medie pe elementul de suprafață ΔS_i;
q (l/s.km²) — debitul mediu specific pe bazinul de recepție al rîului X;
q_i (l/s.km²) — debitul mediu specific pe elementul de suprafață ΔS_i;
ΔS_i (km²) — aria elementului de suprafață utilizat la metoda III și IV pentru determinarea potențialului din precipitații și scurgere.

Potențialul din precipitații relativ. Pentru un element de suprafață ΔS_i, valoarea potențialului din precipitații absolut este dată de relația :

$$e_{pi} = k_2 h_i \, \Delta S_i \, H_i. \tag{22}$$

Potențialul întregului bazin hidrografic este :

$$E_A = \sum_{i=1}^{n} e_{pi} = k_2 \sum_{i=1}^{n} h_i \Delta S_i H_i. \tag{23}$$

Dacă, pentru simplificare, considerăm că rețeaua trasată pentru calculul potențialului este formată din carouri adică :

$$\Delta S_i = \Delta S_2 = \Delta S_3 = \ldots\ldots = \Delta S_i = \ldots \Delta S_n = \text{ct} \tag{24}$$

atunci :

$$E_A = k_2 \Delta S \sum_{i=1}^{n} h_i H_i. \tag{25}$$

Ținînd seama de notațiile de mai sus se poate scrie :

$$H_1 = H_1' + H$$
$$H_2 = H_2' + H$$
$$\ldots\ldots\ldots$$
$$H_i = H_1' + H \tag{26}$$
$$\ldots\ldots\ldots$$
$$H_n = H_n' + H.$$

Introducînd valorile lui H_i (26) în ecuația (25) și făcînd operațiile algebrice respective se obține :

$$E_A = k_2 \Delta S \left(\sum_{i=1}^{n} h_i H_i' + H \sum_{i=1}^{n} h_i \right) \tag{27}$$

sau

$$E_A = E_R + \Delta E \tag{28}$$

unde :

$$E_R = k_2 \, \Delta S \sum_{i=1}^{n} h_i \, H_i'$$

$$\Delta E = k_2 \, \Delta S \, H \sum_{i=1}^{n} h_i. \tag{29}$$

Ținînd seama de (28) rezultă :

$$E_R' = E_A - \Delta E \tag{30}$$

$$\Delta E = k_2 \, \Delta S H \sum_{i=1}^{n} h_i = k_2 H \sum_{i=1}^{n} \Delta S_i \, h_i. \tag{31}$$

Dacă în această relație ținem seama de faptul că :

$$h = \frac{\sum_{i=1}^{n} \Delta S_i \, h_i}{S}$$

ea devine :

$$\Delta E = k_2 \, HS \frac{\sum_{i=1}^{n} \Delta S_i \, h_i}{} \tag{32}$$

sau :

$$\Delta E = k_2 \, HS \, h. \tag{33}$$

În acest caz :

$$E_R = E_A - k_2 \, HSh \tag{34}$$

sau :

$$\Delta E = E_A - E_R = k_2 \, Hsh. \tag{35}$$

Expresia $k_2\ HSh$ reprezintă potențialul volumului de apă din precipitații raportat la căderea H (adică cota punctului de referință relativ).

Dacă ne referim la fig. 6 potențialul din precipitații relativ în punctul R este egal cu cel absolut scăzîndu-se potențialul volumului de apă mediu anual ce cade în bazin, corespunzător căderii H.

Potențialul de scurgere relativ. În mod analog ca la potențialul din precipitații se poate demonstra că potențialul de scurgere relativ se poate obține cu ușurință din cel absolut.

Potențialul de scurgere absolut al unui bazin hidrografic este dat de relația:

$$E_A = k_3 \sum_{i=1}^{n} q_i \Delta S_i H_i \qquad (36)$$

Considerînd $\Delta S_1 = \Delta S_2 = \ldots\ldots \Delta S_1 = \ldots\ldots \Delta S_n = ct$, relația (36) devine:

$$E_A = k_3\ \Delta S \sum_{i=1}^{n} q_i H_i\ . \qquad (37)$$

Dacă în ecuația (37) se înlocuiesc valorile lui H_i prin cele definite din relațiile (26) se obține:

$$E_A = k_3\ \Delta S\ (\sum_{i=1}^{n} q_i H_i' + H \sum_{i=1}^{n} q_i) \qquad (38)$$

adică:

$$E_R = k_3 \Delta S \sum_{i=1}^{n} q H_i' \qquad (39)$$

$$\Delta E = k_3\ \Delta S H \sum_{i=1}^{n} q_i\ . \qquad (40)$$

Ținînd seama de relația:

$$q = \frac{\sum_{i=1}^{n} \Delta S_i q_i}{S}\ . \qquad (41)$$

Expresia (41) devine:

$$\Delta E = k_3 SH \frac{\sum_{i=1}^{n} \Delta S_i q_i}{S} = k_3 SqH. \qquad (42)$$

Dar $q = \frac{Q_m}{s} \times 1\,000$, în acest caz formula (42) devine:

$$\Delta E = k_3' Q_m H \qquad (43)$$

și în acest caz:

$$E_R = E_A - k_3' Q_m H \qquad (44)$$

unde:

$$k_3' \cong 86 \times 10^{-3}.$$

Dacă ne raportăm la figura 6, potențialul de scurgere relativ în punctul R este egal cu cel absolut scăzîndu-se potențialul volumului de apă ce se scurge anual în bazin, corespunzător căderii H.

Bibliografie

[1] I.S.P.E.: *Studiile de inventariere a potențialului hidroenergetic al diverselor cursuri de apă din R.P.R.*

[2] Pavel D.: *Potențialul hidroenergetic* Revista Energetica nr. 7, 1957

[3] Spiridon D.: *Contribuții la studiul resurselor hidroenergetice* Revista Meteorologia, Hidrologia și Gospodărirea Apelor. anul 3. nr. 4, 1958.

[4] Spiridon D.: *Circuitul apei în natură și potențialul hidroenergetic*, Revista Energetica nr. 2, 1959.

[5] Podani M.: *Metodologia întocmirii cadastrului hidroenergetic pe teritoriul R.P.R.* Studii și Cercetări de Energetică, tom. VI, nr. 1–2, 1956.

[6] Akademia Nauk S.S.S.R. *Vodohoziastvenîi kadastr S.S.S.R. Metodika Sostavlania* (Cadastrul Gospodăririi apelor în U.R.S.S. – Metodica de întocmire).

[7] Jevdjevic M. V.: *Investigation methods of Water Power resources Power resources of Jougoslavia*, 1956, Beograd.

[8] Comisia Economică pentru Europa — O.N.U. — Comitetul Energiei Electrice — *Le potentiel hydroelectrique de l'Europe – ses limites materielles, techniques et économiques.* Document E/ECE/EP/131 Génève, mai 1953.

[9] Comisia Economică pentru Europa — Comitetul Energiei Electrice — Delegația italiană „*Potentiel bru hydrauliques des cours d'eau Italiens*" B/7 Adige.

[10] Jaeger Charles: *Energy Potential of Precipitation on the Austria Federal Territory*, Water Power 4 (1957).

TRECEREA REȚELEI ORAȘULUI ORADEA DE LA 42 HZ LA 50 HZ

CZ 621.316.1

Ca în toate orașele din Ardeal și în Oradea a fost adoptată inițial frecvența de 42 Hz. În anul 1904 prin punerea în funcțiune a primelor grupuri, în centrala termoelectrică Oradea se stabilesc parametri de funcționare ai rețelei și anume: frecvența 42 Hz, tensiunea de distribuție primară 3 000 V și tensiunea de distribuție secundară 150 V fără nul. Chiar după primul război mondial frecvența de 42 Hz prezintă serioase dificultăți, datorită faptului că utilajul electric ce se fabrica în general la 50 Hz, nu putea fi utilizat în mod corespunzător la 42 Hz. De aceea în anii 1938—1939 în cadrul amplificării centralei Oradea se montează grupuri cu posibilitatea funcționării ulterioare la 50 Hz, creîndu-se premizele trecerii în viitor la 50 Hz.

În Oradea pe lîngă trecerea la frecvența normalizată de 50 Hz, trebuia rezolvată tensiunea rețelei de joasă tensiune. Astfel începînd cu anul 1948 s-a trecut la o campanie de trecere a rețelei de distribuție secundară de la 150 V la 320/185 V.

A fost adoptată tensiunea de 320/185 V în condițiile funcționării la 42 Hz, urmînd ca odată cu trecerea la 50 Hz tensiunea să aibe valoarea normalizată de 380/220 V. Pentru etapa funcționării rețelei la 42 Hz și 320/185 V se foloseau transformatoarele de fabricație curentă 6/0,4 kV stea-zig-zag, cărora primarul li se lega în triunghiu, obținîndu-se pe joasă tensiune 320/185 kV prin alimentarea pe înaltă tensiune cu 3 000 V.

Totodată la consumatori se puteau utiliza motoarele electrice construite pentru 50 Hz și 380 V, fără nici un fel de modificare.

Astfel în perioada 1948—1956 s-au creiat pe cuprinsul orașului Oradea numeroase zone cu tensiunea de 320/185 V, constituite mai ales în jurul fabricilor noi. În anul 1954 se pune parțial în funcțiune centrala hidroelectrică Aștileu cu grupuri de 50 Hz și tensiune de 60 kV, care au funcționat la început cu turație redusă și tensiune de 5,2 kV.

Feederii racordați la barele centralei Aștileu funcționau la tensiunea de 5,2 kV, iar transformatoarele de distribuție racordate la acești feederi își păstrau raportul de transformare 6/0,4 kV.

La începutul anului 1957 prin punerea în funcțiune a grupului 1 Diesel se face și trecerea primei părți a rețelei Oradea la 50 Hz și 350/220 V.

Către sfîrșitul anului 1956 prin montarea grupului 2 se trece integral rețeaua la 50 Hz.

În general trecerea la 50 Hz nu a pus probleme speciale pentru consumatori.

Menționăm numai cazul motoarelor electrice asincrone ce antrenează pompe. În aceste cazuri pentru a nu se depăși puterea electromotorului s-a strangulat debitul prin vana de aspirație

Victor Baleaș

MĂRIREA PUTERII BOBINEI DE STINGERE ZROM 550/35

CZ 621.318.42.004

Prin dezvoltarea sistemului de 35 kV din Dobrogea, curentul capacitiv total, în cazul unei puneri la pămînt a crescut pînă la 32,25 A.

Deoarece bobina de stingere ZROM 550/35 existentă la T.C. Ovidiu, construită pentru un curent capacitiv de max. 25,3 A nu mai corespunde, s-a impus să fie înlocuită, modificată sau să se mai monteze o bobină.

Soluția cea mai economică fiind modificarea, conform documentației sovietice, s-a mărit puterea bobinei ZROM prin mărirea interstițiilor în îmbinările izolante ale circuitului magnetic. Astfel s-a redus inductanța bobinei, deci a crescut curentul inductiv de compensare, respectiv puterea bobinei.

Din formula (1)* rezultă, că pentru a mări curentul inductiv I_B, păstrînd numărul de spire și aceeași lungime a circuitului magnetic, este suficientă creșterea grosimii întrefierului

$$I_B \times \sqrt{2} \times W_B = L_m \times a_s + 0{,}8\ \delta \times 9000 \qquad (1)$$

în care: I_B este valoarea eficace a curentului inductiv al bobinei,
W_B — numărul de spire al bobinei,
L_m — lungimea circuitului magnetic în cm,
a_s — numărul de amperi spire pe cm., la 8—9000 Gauss (funcție de materialul tolelor) și
δ — grosimea întrefierului în cm realizat din plăci izolante.

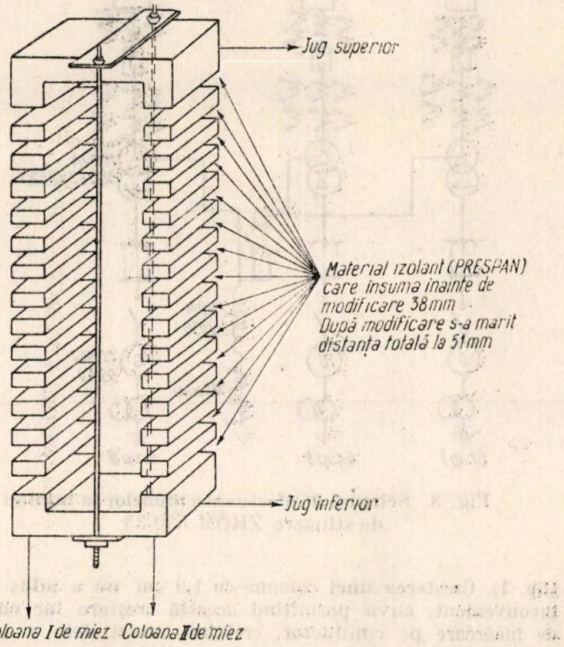


Fig. 1. Modificările aduse întrefierului bobinei de stingere ZROM 550/35 sovietică de la 25,3 A la 38 A montată la C.T.E. Ovidiu II — I. R. E. Constanța.

Termenul 0,8 $\delta \times 9000$ fiind predominant, curentul crește aproape proporțional cu creșterea întrefierului (δ).

Aplicînd în formula (1) valorile caracteristice ale bobinei ZROM, adică

$P = 550$ kVA;

Lungimea întrefierului = $2 \times 3{,}8 = 7{,}6$ cm;

Nr. spire = 3 136;

I (plot 5) = 12,7 A

obținem:

$12{,}7\sqrt{2} \cdot 3\,136 = L_m \cdot a_s + 0{,}8 - 9000 = 56\,354 - 54\,720 = 1634$ amper spire.

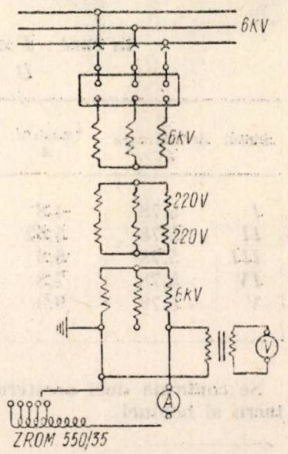


Fig. 2. Schema pentru efectuarea măsurătorilor la bobina ZROM 550/35 modificată.

* „*Mașini electrice*" — partea I'' de prof. dr. ing. *R. Rădulet.*

O creștere a întrefierului cu 50%, conduce la o valoare a curentului cu 48,5% adică;

$$I'_B = \frac{L_m \cdot a_s + 0{,}8 \cdot 9\,000}{W_B \cdot 2} = \frac{83\,714}{443} = 18{,}88 \text{ A.}$$

$$\frac{I'_B}{I_B} = \frac{18{,}88}{12{,}7} = 1{,}485$$

Practic, operația de modificare a bobinei a constat în adăugarea de material izolant (preșpan) între pachetele de tole, întrefierul crescînd astfel dela 3,8 cm la 5,7 cm pe o coloană

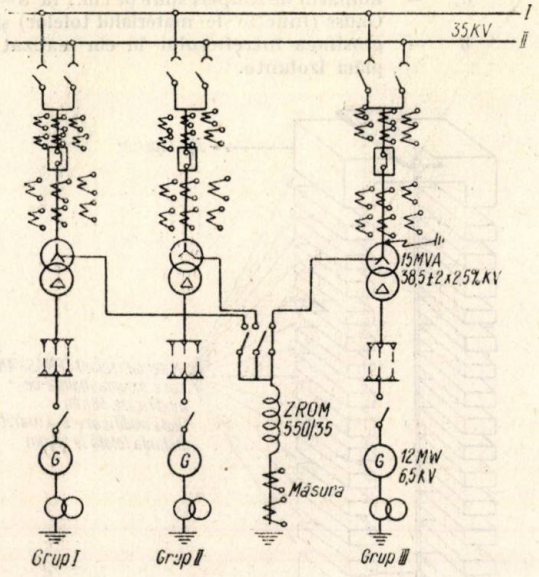


Fig. 3. Schema de efectuare a probelor la bobina de stingere ZROM 550/35

(fig. 1). Creșterea unei coloane cu 1,9 cm nu a adus niciun inconvenient, cuva permițînd această creștere iar curentul de încărcare pe conductor, crescînd numai dela 4 A/m.m² la 6 A/m.m².

Pentru verificare, s-au făcut măsurători montînd bobina ca în schema din fig. 2 în care s-a realizat o separare magnetică prin intermediul a doi transformatori.

Recalculîndu-se curenții după formula (2)* pentru tensiunea de 23 kV și pentru toate cele cinci ploturi ale bobinei, s-au obținut valorile din tabelul de mai jos.

$$I_{calculat} = I_{măsurat} \frac{F}{50} \times \frac{23}{U}$$

în care: F este frecvența rețelei

U — tensiunea la borne

Plotul	U de încărcare kV	$I_{măsurat}$ A	$I_{calculat}$ A	I înainte de modificare	Coeficientul de creștere a curentului
I	5,78	4,8	19,1	12,7	1,50
II	5,78	5,62	23,4	14,9	1,50
III	5,78	6,6	26,3	17,6	1,49
IV	5,78	7,8	31,0	21,0	1,475
V	5,78	9,3	37,2	25,3	1,47

Se confirmă deci creșterea cu circa 50% a curentului de lucru al bobinei.

De asemeni s-au efectuat două probe ale bobinei, realizînd o punere la pămînt pe 35 kV, alimentînd bobina cu tensiunea de lucru de 23 kV (fig. 3), deci punînd bobina să funcționeze în condițiuni cît mai apropiate de realitate.

Astfel s-a constatat că bobina a lucrat pe plotul *IV* la 32 A iar pe plotul *V* la 38,5 A, temperatura uleiului ridicîndu-se la 75°C în 7 ore și 43 minute, respectiv 75°C în 5 ore și 3 minute.

Dela punerea în funcțiune și pînă în prezent bobina a funcționat în bune condițiuni la valori ale curentului capacitiv cu 50% mai mari, fără a se produce o încălzire a uleiului peste limita admisibilă, într-un timp suficient pentru determinarea punerii la pămînt.

Față de rezultatele obținute, atît în sistemele energetice sovietice, cît și în sistemul Dobrogea, se recomandă aplicarea metodei modificării întrefierului în toate sistemele unde există bobine ZROM.

Constantin Bădescu

SEMNALIZATOR CU MAI MULTE PUNCTE AL TEMPERATURII RIDICATE LA LAGĂRELE AGREGATELOR

CZ.621.317.39 : 654.91/92

La una dintre centralele electrice s-a realizat și s-a dat în exploatare semnalizatorul temperaturii ridicate la lagărele agregatelor de construcție nouă.

Semnalizatorul de temperatură prezintă interes nu numai pentru centralele electrice, dar și pentru alte ramuri industriale unde sînt agregate rotative. De asemenea el poate servi și pentru semnalizarea prezenței apei de răcire în baia de ulei a lagărului la agregate.

Semnalizatorul de temperatură se folosește pentru semnalizarea la distanță a temperaturii ridicate peste limita admisibilă a lagărelor. El este un aparat electronic cu un singur tub electronic și cu emițător.

Numărul emițătoarelor depinde de numărul de puncte pe care-l poate comuta comutatorul *K* fig. 1.

Emițătorul este un cartuș metalic de ∅ 12 mm cu grosimea peretelui de 0,6 – 1,0 mm și cu înălțimea activă de 20 mm, care se termină la partea superioară cu un canal capilar de ∅ 0,8 – 1,0 mm, unde se află un electrod din oțel inoxidabil izolat de corpul cartușului balonului (fig. 2, *b*). Balonul este umplut cu mercur.

Principiul de funcționare constă în aceea că, o dată cu ridicarea temperaturii, mercurul din balon se dilată și se ridică în canalul capilar pînă ce întîlnește electrodul. Prin aceasta se face comanda tubului electronic, care intră în funcțiune, și releul conectat în circuitul său anodic închide circuitele pentru semnalizarea optică și acustică.

Reglarea temperaturii de lucru (de semnalizare) se face cu ajutorul electrodului din oțel inoxidabil prin coborîrea sau ridicarea acestuia.

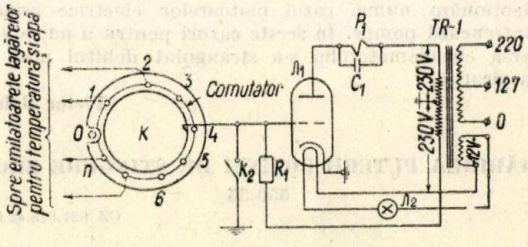


Fig. 1. Schema de principiu a semnalizatorului cu mai multe puncte pentru temperatura lagărelor agregatelor. λ_1 6 N 7 C, 6 N 8 C; $C_1 = 2\ \mu$ F; $R_1 = 1{,}5 \div 2{,}0$ MΩ; $TR_1 = 30$ W; P_1 — releu telefonic cu $R_i = 9\,000\ \Omega$.

Variația temperaturii de semnalizare a emițătorului, cum au arătat experiențele în laborator, nu depășește 2 – 3°C.

Această variație este admisibilă pentru semnalizarea la agregatele sus-numite.

Sarcina aparatului electronic constă în transformarea și amplificarea impulsurilor mecanice ale emițătorului în impulsuri electrice.

* „*Experiența de mărire a puterii bobinelor de stingerea arcului de* 35 kV". de ing. *A. P. Karamzin.*

Alimentarea aparatului se face de la o sursă de curent alternativ de 127 sau 220 V fără nici un fel de stabilizator.

Înfășurarea secundară a transformatorului $TR-1$ este făcută cu priză la mijloc. Începutul înfășurării secundare se conectează la bobina releului intermediar P și prin releu tensiunea se aplică anodei tubului electronic. Sfîrșitul înfășu-

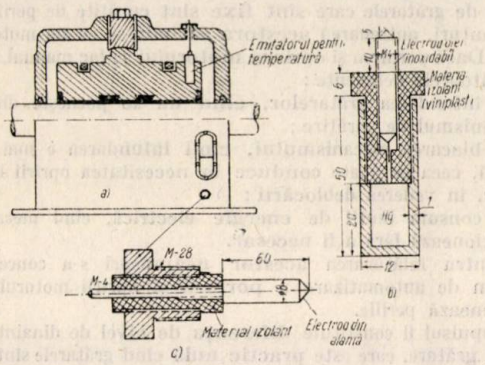


Fig. 2.

rării secundare a transformatorului se leagă la grila tubului electronic prin intermediul rezistenței R. Priza de mijloc se pune la masă.

Această schemă dă posibilitatea ca, la temperatura normală a obiectului care se controlează, tubul electronic să fie blocat, fiind că atunci cînd la anoda tubului este aplicată polaritatea pozitivă, la grila lămpii este aplicată o tensiune cu polaritate negativă și prin aceasta curentul anodic $I_a \cong 0$ și releul P nu lucrează.

În cazul cînd temperatura a crescut peste valoarea stabilită, mercurul se ridică și, venind în atingere cu electrodul, face ca tensiunea între grilă și catoda tubului electronic să fie $\cong$ zero. Prin aceasta curentul anodic este maxim și releul P_1 lucrează și închide curentul de semnalizare optică și acustică.

Curentul anodic va circula numai în cazul cînd la anoda tubului electronic este aplicată polaritatea pozitivă. Pentru ca releul P_1 să nu pulseze datorită curentului anodic, care nu este constant, bobina releului se shuntează cu un condensator C.

Curentul care ia naștere prin închiderea contactului cu mercur este foarte mic, de ordinul microamperilor. Acest curent este limitat de rezistența de intrare R_1 și prin aceasta se împiedică fenomenul de arc la contactul mercurului. Normal tensiunea între catod și grilă este $Ugk = 12 \div 16$ V.

Pentru semnalizarea prezenței apei în baia de ulei a lagărelor se folosește emițătorul din fig. 2, *c*.

Atunci cînd nivelul apei crește, ea face masă între corpul lagărului și electrod și prin aceasta aparatul semnalizează.

Aparatul semnalizează normal chiar atunci cînd rezistența dintre masă și electrod (datorită emulsiei de apă în ulei) este pînă la 20 000 ohmi.

Controlul instalației : Controlul bunei funcționări a aparatului se face continuu cu ajutorul lampei de semnalizare Jl_2 conectate în circuitul de filament al tubului electronic. Atunci cînd aparatul este în funcțiune, lampa de semnalizare arde.

Un control periodic al tubului electronic se poate face cu ajutorul comutatorului $K2$. Prin închiderea lui semnalizarea trebuie să lucreze.

Schema prezintă următoarele avantaje :

1. Cu un singur aparat se pot controla n puncte.
2. Ușor de realizat cu mijloace proprii.
3. Schema destul de simplă și ieftină.
4. Universală în întrebuințare.
5. Controlul temperaturii directe a metalului lagărului.

Ing. **Constantin Fulga** și ing. **Dumitru Dima**

UNELE MĂSURI DE REDUCERE A INDICILOR DE CONSUM ÎN CTE GROZĂVEȘTI

CZ 621.311.11.004.15

Măsurile realizate în ultimul timp pentru reducerea indicilor de consum în CTE Grozăvești au fost următoarele :

1. Modificări constructive, funcționale și de concepție la utilajele și schemele termice existente. În această categorie intră următoarele lucrări :

— Funcționarea în compensator sincron a generatoarelor turbinelor înaintașe. În acest fel a fost realizată posibilitatea opririi cîte unei turbine înaintașe în timpul reparației unei turbine de joasă presiune. Înainte acest lucru nu era posibil din cauza cererii de putere reactivă, ceea ce ducea la funcționarea ambelor turbine înaintașe cu sarcină scăzută și deci cu consum specific ridicat. În prezent în aceste cazuri funcționează o singură turbină înaintașă la o încărcare corespunzînd unui consum specific mai scăzut. Economia realizată este de circa 200 kcal/kWh, adică 6% din consumul specific al centralei. Pentru funcționarea în compensator sincron a generatoarelor s-a adoptat un inel din metal de antifricțiune pe lagărul din spre cuplă al generatorului, pentru preluarea eforturilor axiale. Pentru ungere a fost montată a doua pompă auxiliară de ulei.

— Completarea circuitului de preîncălzire regenerativă prin utilizarea prizelor de la două din turbinele de joasă presiune. Preîncălzirea condensatului total la utilizarea prizei uneia dintre turbine este de 8°C, iar economia realizată la această turbină este de 70 kcal/kWh. Concomitent se obține o mai bună degazare a apei în degazorul de 1,6 ata, în care înainte nu se obținea o temperatură corespunzătoare a apei.

Funcționarea celui de al doilea preîncălzitor a fost inițial limitată de creșterea temperaturii condensatului principal. Deocamdată utilizarea prizei celei de a doua turbine este rezolvată prin apariția unui nou consumator de căldură (o nouă instalație de epurare), dar se studiază ridicarea presiunii degazorilor la $2 \div 2{,}5$ ata.

— Mărirea suprafeței economizoarelor la două din cazane. Această măsură s-a realizat prin utilizarea unui spațiu mort situat lateral față de economizoare. Acestea sînt compuse din cîte două pachete de tuburi lucrînd în paralel.

Experimental lucrarea a fost realizată numai la una din jumătăți. S-a realizat o creștere a temperaturii apei de alimentare în jumătatea respectivă cu 15°C și o îmbunătățire a randamentului cazanului cu 1%. Concomitent temperatura aburului supraîncălzit care înainte la sarcini ridicate depășea valoarea nominală a fost scăzută cu 7°C.

— Îmbunătățirea constructivă a injectoarelor de păcură. Este în curs de încercare o mare varietate de construcții pentru a se găsi soluția optimă. În acest scop s-a construit și un banc de probă cu apă. S-a constatat influența defavorabilă deosebit de importantă a micilor defecte de formă sau prelucrare.

— Recuperarea aburului de eșapare al turbinelor auxiliare.

— Oprirea cazanelor de joasă presiune în golurile de sarcină. Este în curs observarea efectului pe care acest sistem de funcționare îl are asupra zidăriei refractare a cazanelor.

2. Organizarea reparațiilor în scopul scurtării termenelor de execuție. Prin micșorarea timpului de indisponibilitate se realizează o producție sporită și o siguranță mai mare de funcționare a sistemului energetic.

În afară de asigurarea tehnico-materială a lucrărilor s-au realizat o serie de dispozitive și anume : monoraiuri, bancuri de echilibrare extensibile, dispozitiv de măsură, portaluri mobile, schele telescopice, dispozitive de sablare locală etc. Aceste măsuri cum și ridicarea nivelului profesional au permis executarea în termen scurt a unor lucrări mari, de exemplu : reparații de $12 \div 15$ zile cu repaletări și schimbări de diafragme.

3. Premierea diferențiată pentru economii de combustibil și energie electrică în cadrul întrecerii socialiste pe schimburi.

Ing. **Arion Chimel**

REALIZĂRI PRIVIND CONSUMUL PROPRIU LA CTE PAROȘENI

CZ 621.311.22.004.15

Urmărirea consumului propriu la CTE Paroşeni se face pe secţii şi categorii de consumatori, pe formulare alcătuite după indicaţiile din literatura de specialitate sovietică. Repartiţia pe secţii a consumului propriu este următoarea :

Secţia cazane 8,5÷9% inclusiv consumul pompelor de alimentare.

Secţia turbine 1,5÷2%.

Acest consum propriu a fost realizat în timpul funcţionării la 92,5% din puterea instalată. Combustibilul utilizat a fost cărbune (95%) şi păcură (5%).

Pe categorii de consumatori repartiţia consumului propriu a fost următoarea :

— prepararea prafului (mori cu bile şi ventilatoarele morilor)	2,5 ÷ 2,8 %
— ventilatoare de aer şi de gaze arse	1,75÷ 1,95%
— pompe de alimentare	3,8 ÷ 4,2 %
— evacuarea hidraulică a zgurei şi cenuşei	0,45÷ 0,55%

În vederea reducerii consumului propriu au fost luate următoarele măsuri :

a) *Prepararea prafului de cărbune*

— Stabilirea prin încercări a deschiderii optime a şiberului de cărbune brut la alimentatorul cu bandă în funcţie de calitatea cărbunelui.

— Încărcarea morii cu o cantitate de bile corespunzătoare ca greutate totală şi dimensiuni.

S-a realizat un consum specific de măcinare total de 23 kWh/t, din care 17,8 kWh/t revin morii şi 5,2 kWh/t ventilatorului. Cărbunele măcinat a fost din marca mixte Valea Jiului din care 80% sortul 0—10 mm şi 20% sortul 10÷80 mm.

Pentru reducerea consumului propriu s-a utilizat posibilitatea de acumulare din bunkerul intermediar de praf, în vederea încărcării optime a morii în perioada de încercare.

b) *Ventilatoarele de aer şi gaze arse*

— Oprirea cîte unuia din cele două ventilatoare şi exhaustoare la sarcini sub 65% din sarcina nominală.

— Asigurarea etanşeităţii cît mai bune a canalelor de aer şi gaze arse. Neetanşeităţile se determină şi se înseamnă în timpul exploatării şi la oprirea cazanului în reparaţie. Se controlează de asemenea preîncălzitorul de aer, care poate avea ţevi sparte în urma eroziunii produse de cenuşă. Probele în timpul exploatării se fac măsurînd conţinutul de RO_2 în diferite puncte.

c) *Pompele de alimentare*

La sarcini reduse (sub 60 MW) se funcţionează cu o singură pompă de alimentare.

d) *Evacuarea hidraulică a zgurei şi cenuşei*

S-a montat un racord între pompele de ejecţie şi de spălare, ceea ce dă posibilitatea la funcţionarea cu proporţie redusă de cărbune în combustibilul utilizat, a utilizării pompei de ejecţie atît pentru hidroelevator cît şi pentru spălarea cenuşei de la multicicloane. În acest timp pompa de spălare este oprită.

e) *Secţia turbine*

S-au făcut probele pentru determinarea vidului optim, adică s-a stabilit relaţia între economiile realizate prin mărirea vidului şi consumul suplimentar de energie electrică al pompelor de circulaţie.

Pe baza acestei relaţii s-a întocmit un grafic, care indică în funcţie de sarcina totală şi temperatura apei de răcire, numărul pompelor în funcţiune.

Ing. **Filip Rouădedeal**

AUTOMATIZAREA CURĂŢIRII GRĂTARELOR DE CONSTRUCŢIE „GEIGER"

CZ 621.311.22.004.5

Grătarele de construcţie „Geiger" se utilizează la uvrajele hidrotehnice ale centralelor termo şi hidroelectrice pentru reţinerea impurităţilor mecanice din apă. Impurităţile reţinute de grătarele care sînt fixe sînt curăţite de perii prinse pe lanţuri, antrenarea acestora făcîndu-se cu un motor electric. Dacă pornirea şi oprirea motorului se fac manual, rezultă următoarele deficienţe :

— înfundarea grătarelor, cînd nu se porneşte din timp mecanismul de curăţire ;

— blocarea mecanismului, cînd înfundarea e mai accentuată, ceea ce poate conduce la necesitatea opririi instalaţiilor, în vederea deblocării ;

— consum inutil de energie electrică, cînd mecanismul funcţionează fără a fi necesar.

Pentru înlăturarea acestor neajunsuri s-a conceput un sistem de automatizare a pornirii şi opririi motorului care antrenează periile.

Impulsul îl constituie diferenţa de nivel de dinainte şi de după grătare, care este practic nulă cînd grătarele sînt curate şi creşte cu gradul lor de înfundare. Diferenţa de nivel creează denivelarea a două flotoare, care se pot mişca liber în cîte un coş de protecţie, fixat de construcţie, în amonte şi în aval de grătar. Flotoarele au fixate pe ele cîte o tijă verticală, legate între ele cu o tijă transversală prin intermediul unor articulaţii. Acestea pot culisa în tija transversală, aşa încît ea se mişcă împreună cu flotoarele luînd, de exemplu, o poziţie orizontală cînd nivelul este acelaşi în amonte şi aval de grătar.

Pe axul vertical al flotorului amonte se fixează pe un suport orizontal un contactor cu două perechi de contacte. În funcţie de înclinarea tijei transversale contactele inferioare sau superioare dau impulsul de pornire sau oprire al motorului de antrenare a periilor. Momentul pornirii şi opririi se poate regla în funcţie de nevoile de exploatare, pentru orice poziţie a tijei transversale.

Cînd nivelul din amonte este acelaşi cu nivelul din aval, tija transversală găsindu-se în poziţie orizontală, contactele de declanşare sînt închise şi în consecinţă întreruptorul motorului este deschis. La depunerea de impurităţi pe grătar, apare o denivelare între amonte şi aval, tija începe să se încline şi, la o anumită valoare, se închid contactele de anclanşare şi, prin intermediul unui releu, se anclanşează automatul din circuitul motorului electric. Sistemul este astfel conceput încît motorul rămîne în circuit pînă ce diferenţa de nivel ajunge iar la zero şi tija transversală reia poziţia orizontală.

Avantajul dispozitivului este că condiţiile sale de funcţionare sînt independente de nivelul absolut al apei, depinzînd numai de denivelarea apei, datorită depunerilor pe grătar. Dispozitivul poate fi reglat să lucreze la o denivelare mai mică sau mai mare, după sensibilitatea dorită în exploatare.

Ing. **Dinu Arsene**

ASUPRA CĂDERII DE TENSIUNE ADMISIBILE ÎN INSTALAŢII DE ILUMINAT

CZ 621.311.17(021)

În Manualul inginerului electrician vol. VII, pag. 519, la capitolul „Verificarea căderilor de tensiune" se indică pentru instalaţiile de iluminat tensiunea minimă admisibilă 97% din tensiunea nominală — deci o cădere de tensiune de 3% prevăzută şi în normativul C.S.A.C.

Concomitent se dă şi un tabel pentru căderi de tensiuni admisibile funcţie de puterea transformatoarelor şi caracterul sarcinii, considerînd ca tensiune la bornele lămpilor tensiunea 97,5%.

Forma în care este redactată această pagină creează confuzii şi considerăm că ar trebui pur şi simplu să se mărească cu 0,5% valorile indicate în tabel pentru căderile de tensiune.

Mulţi proiectanţi dimensionează reţele electrice pe baza valorilor indicate în tabel, iar diferenţa de 0,5% conduce, în special la alimentări comune pentru forţă şi iluminat la supradimensionarea reţelelor.

Ing. **A. Rittenberg**

ASPECTE DIN LUCRĂRILE DE MONTAJ LA CHE „V. I. LENIN" BICAZ

La centrala hidroelectrică „V. I. Lenin" Bicaz, cea mai mare lucrare din cadrul planului de electrificare, se desfăşoară în prezent lucrările de montarea echipamentului electromecanic, într-un ritm intens, care să permită intrarea în funcţiune la sfîrşitul anului 1960.

Volumul total al echipamentului care se montează la această centrală este de circa 10 000 tone din care pînă la 30 octom-

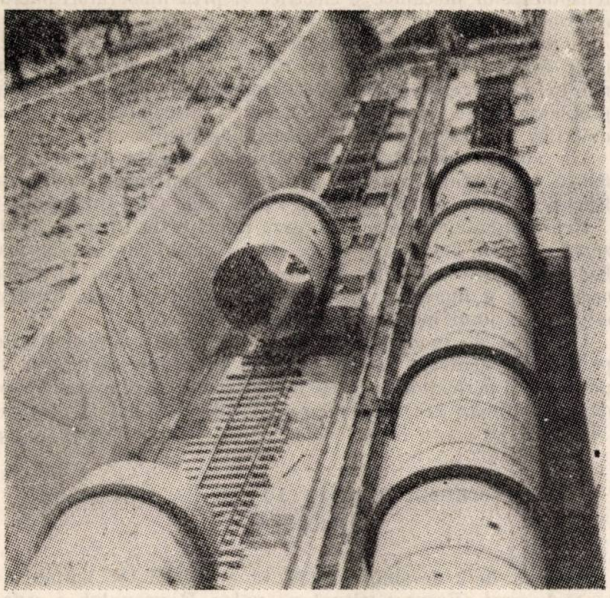


Fig. 1. Lansarea unui tronson de conductă forţată cu tachetaj special.

brie s-au montat la baraj, priză, tunel, castelul de echilibru, casa vanelor, conducta forţată şi centrală, 5 100 tone.

Caracteristic pentru echipamentul centralei este greutatea şi dimensiunile foarte mari ale pieselor montate. Astfel piesa pantalon de la ieşirea din tunel are cote de gabarit de 12,7 m × × 14 m şi greutate 65 tone, iar majoritatea pieselor au în mod curent între 20—30 tone.

Montarea unor astfel de echipamente nu poate fi făcută în timpul util fără un înalt grad de mecanizare.

În acest scop :

— S-au utilizat maşini de ridicat ca macaralele funiculare 20 tone de la baraj, macarale speciale de 5,10 şi 15 tone, trolii electrice etc.

— S-au proiectat şi executat pe şantier utilaje speciale printre care macaraua de 40 tone, tachetaj pentru lansarea pe planul înclinat al conductei forţate a tronsoanelor de 30 tone, remorcă pentru transportul tronsoanelor de ∅ 7 m de la tunel, cum şi dispozitive de montaj specifice acestor lucrări (schele şi platforme mobile suspendate pentru sudură la castel şi în tunel, dispozitiv pentru montat întreruptori de 110 kV, ascensor pentru montarea ghidajelor vanei plane, platforme şi dispozitive pentru preasamblare etc.)

Pentru montajul echipamentului la centralele hidroelectrice este caracteristică alternarea repetată a fazelor de construcţii cu cele de montaj , la una şi aceeaşi lucrare, pe fronturi restrînse de lucru.

Pentru a scurta termenul de execuţie rezultat din înscrierea lucrărilor de construcţii cu cele de montaj, a fost necesar ca să se folosească metoda executării de preansamble pe platforme separate.

S-au obţinut astfel importante reduceri ale timpilor de execuţie la locul de montaj prin realizarea de preansamble la conductele golirilor de fund, blindajul tunelului, piesa pantalon, conductele forţate, blindajul castelului şi altele.

Trebuie arătat că prin preasamblare s-a mai urmărit şi micşorarea vîrfului la anumite lucrări calificate şi în special la sudură, care s-au putut realiza astfel independent de desfăşurarea lucrărilor de construcţii.

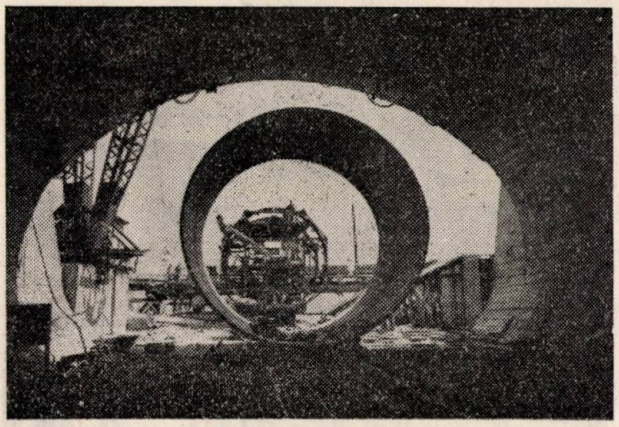


Fig. 2. Montarea unui tronson la blindajul tunelului.

Volumul total de sudură pentru montaj a fost de 45 000 m liniari în 3—8 straturi care datorită executării de preansamble, au putut fi realizaţi în cea mai mare parte într-un ritm uniform.

Printre problemele noi de montaj trebuie să menţionăm că la CHE Bicaz se instalează pentru prima dată la noi,

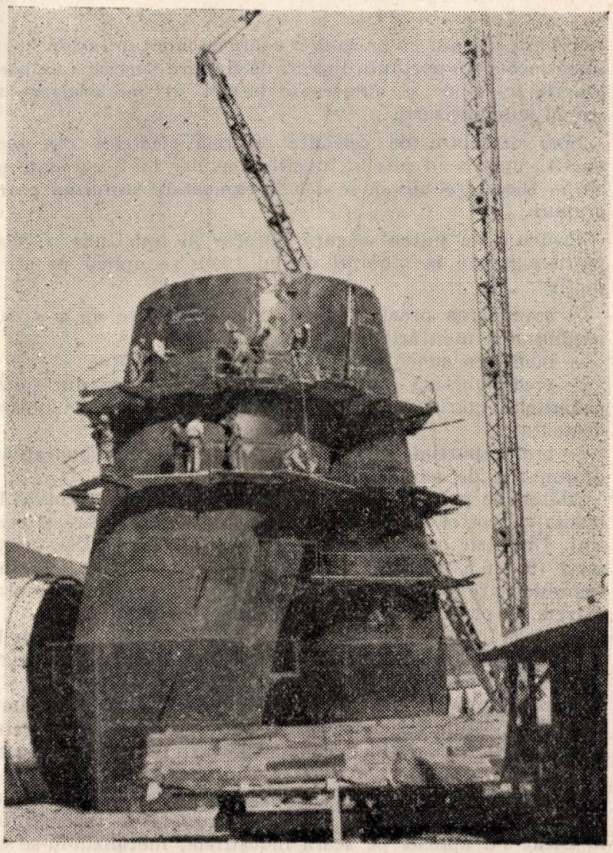


Fig. 3. Preasamblarea piesei pantalon.

grupuri cu ax vertical (patru turbine Francis cuplate cu generatori de 27 000 kW şi într-o altă etapă încă două grupuri de cîte 50 000 kW.

Un grup turbogenerator de 27 000 kW are rotorul turbinei şi al generatorului în greutate totală de circa 120 tone susţinut de un singur lagăr axial montat deasupra generatorului.

Datorită gabaritelor şi greutăţilor mari, turbinele nu au putut fi montate şi probate pe banc în fabrică, din care

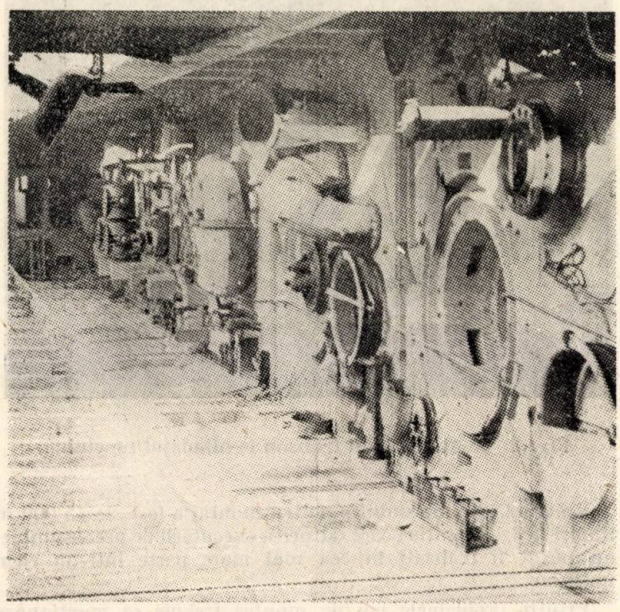


Fig. 4. Aspecte de montaj la uzină (în paralel la patru turbine).

cauză este necesar ca pe şantier odată cu montajul propriu-zis să se facă şi importante lucrări de finisare specifice uzinării propriu-zise cum şi numeroase lucrări de modernizare în scopul automatizării.

Spre deosebire de celelalte centrale electrice din ţara noastră unde s-au pus în funcţiune numai 1—2 agregate pe an, la Bicaz trebuie să se dea în exploatare simultan patru grupuri.

Pentru a se putea asigura intrarea în funcţiune a celor patru agregate la sfîrşitul anului 1960, se aplică pe acest şantier :

— asamblarea prealabilă a turbinelor înainte de a exista posibilitatea montării lor pe fundaţie ;

— montarea concomitentă a celor patru turbine ;

— preasamblarea statorilor generatorilor, care din cauza gabaritelor mari vin secţionaţi şi cu un număr de bobine demontate ;

— probe parţiale pe subansamble înaintea operaţiilor propriu-zise de montaj.

Alături de problemele arătate mai sus, sînt de rezolvat la montajul acestei centrale probleme grele de etanşare şi centraj. Diferitele vane, batardouri etc. au dimensiuni foarte mari (9 × 6,5 m) şi curse, respectiv ghidaje, de înălţimi impresionante (68 m la priză) ceea ce reclamă un montaj extrem de pretenţios cu toleranţe de milimetri.

Pe lîngă lucrările de montaj propriu-zise pe şantierul de la Bicaz se mai execută lucrări cu caracter special în legătură cu protecţia contra coroziunilor.

Întreg blindajul tunelului şi castelului 15 000m² se bituminizează cu bitum special după o curăţire prealabilă la luciul metalic prin sablare, iar conductele forţate se metalizează şi se bituminizează.

Procedeul metalizării care altfel la noi se practică numai pe scară experimentală la institute de cercetări de specialitate, la Bicaz s-a aplicat pe scară industrială, metalizîndu-se cu aluminiu topit în flacără oxiacetilenică şi pulverizat cu aer comprimat 8 200 m².

Volumul imens al apei acumulate în lac, debitul mare instalat al centralei, căderea respectivă, toate reclamă o atenţie deosebită şi un control exigent asupra calităţii lucrărilor.

Din această cauză, pe lîngă probele hidraulice obişnuite şi celelalte probe normale s-au aplicat în plus metode de control specifice tehnicii moderne :

— sudurile au fost controlate prin radiografiere cu raze Röntgen sau cu fiola de Cobalt radioactiv, în proporţie de 100% în locurile periculoase şi în proporţie de 30% în alte zone ;

— piesele mai solicitate şi care s-au executat pe bază de modele au fost controlate la probele hidraulice cu ajutorul tensometrelor mecanice şi electrice şi prin măsurători micrometrice ;

— măsurarea rezistenţelor pe pereţii interiori ai conductelor forţate sub presiune s-a făcut pentru prima dată la noi în ţară, rezolvîndu-se pe şantier prin soluţii originale probleme grele cum ar fi izolarea şi etanşarea sub apă a mărcilor din interior şi a firelor de legătură.

Un sprijin important la realizarea acestor probe de o înaltă tehnicitate, a fost acordat de Institutul Politehnic Bucureşti prin colectivul tov. Prof. Ing. Gh. Buzdugan.

Echipamentele care se montează la centrala Bicaz se furnizează în cea mai mare parte din Republica Cehoslovacă. Reprezentanţii fabricilor furnizoare au colaborat la buna organizare a lucrărilor şi dau instrucţiuni preţioase pentru asigurarea unui montaj de calitate.

Unitatea de montaj de la Bicaz depune toate eforturile pentru ca centrala să fie pusă în funcţiune la termen şi pentru a-şi perfecţiona cadrele în vederea lucrărilor grandioase de electrificare ce urmează a se realiza în patria noastră.

N. Decusară

DISTRUGEREA BARAJULUI DE LA MALPASSET (FRANŢA)

În ziua de 2 decembrie 1959, la orele 21,15, barajul de la Malpasset (Franţa), situat pe valea Reyranului, a cedat sub presiunea apelor şi a produs o catastrofă fără precedent în istoria construcţiei de baraje, ţinînd seamă de faptul că Franţa este una dintre ţările cu o tehnică dintre cele mai avansate. Considerăm oportun să prezentăm cititorilor revistei noastre cîteva elemente principale ale construcţiei avariate.

Barajul de la Malpasset constituia construcţia de bază a amenajărilor prevăzute pentru alimentarea cu apă potabilă

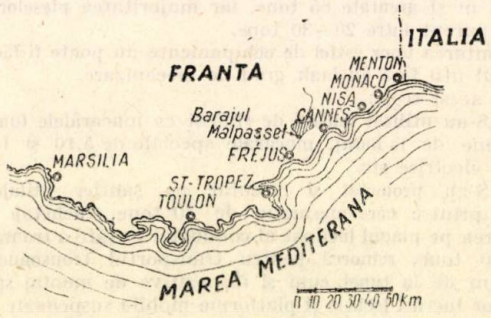


Fig. 1.

şi apă de irigaţie a regiunii situate pe Coasta de Azur, între Cannes şi St. Tropez (fig. 1), pe cca. 80 km pe litoralul Mării Mediterane.

Studiile geologice şi hidrologice întreprinse încă din anul 1945 în regiune de către Serviciul de Geniu Rural, cu concursul prof. Corroy de la Facultatea de Ştiinţe din Marsilia au arătat că locul cel mai favorabil pentru amplasarea unui baraj care să creeze un lac care să permită acumularea unui volum de apă necesar era în punctul Malpasset, pe valea Reyranului.

Concluziile studiilor geologice au arătat că cuveta situată într-un sinclinal huilier prins între orizonturile metamorfice

ale masivului Esterel este etanşă şi că roca de bază în locul stabilit pentru amplasarea barajului permite proiectarea şi construcţia unui baraj în arc subţire.

Pentru a cunoaşte condiţiile de umplere şi de funcţionare a fost studiat pe o perioadă de 5 ani regimul Reyranului, care este un curs de apă cu caracter torenţial, supus regimului mediteraneean. Debitul maxim constatat a fost de 120 m³/s, timp de 5 h. Debitul este nul, în medie timp de 2 luni pe an.

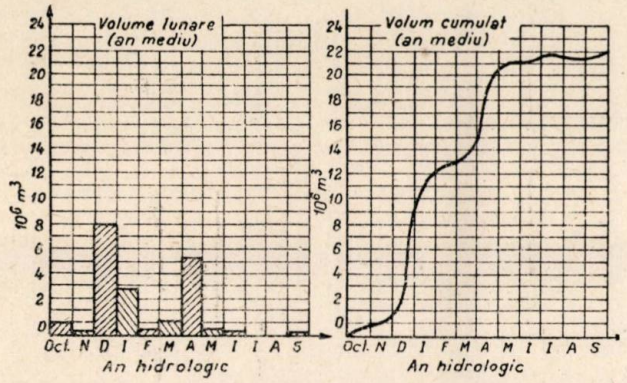


Fig. 2.

În fig. 2 se arată cantităţile de apă transportate lunar şi volumele cumulate corespunzătoare bazinului versant de 48,200 km² situat în amonte de baraj. Rezultă un volum de apă ce poate fi reţinut într-un an mediu de 22,75 × 10⁶m³, corespunzător necesităţilor de viitor pentru alimentarea cu apă a regiunii.

Proiectul barajului a fost întocmit cu concursul specialiştilor Coyne şi Bellier, de renume mondial. Amplasamentul situat la cca. 10 km nord de Fréjus, localitate de pe litoral, în care Reyranul se varsă în mare, a fost studiat pe baza unei ridicări stereofotogrametrice.

Cota albiei riului la punctul barajului este de 42,50 (fig. 3). Nivelul minim al planului de apă trebuind să fie situat la cota 85,00, pentru a permite o funcţionare normală a reţelelor de aducţiune şi distribuţie a apei, a apărut necesitatea de a se ridica la 98,50 cota oglinzii lacului de acumulare, pentru a putea înmagazina o rezervă utilă de cca. 25 × 10⁶m³. Rezerva moartă corespunzătoare a reieşit ca fiind de 22 × 10⁶m³, necesară pentru a permite acumularea debitului solid (care cu ocazia catastrofei a avut un efect distrugător cel puţin egal cu al valului de apă, înecînd în mîl victimele), cît şi pentru motive turistice. În fine, o tranşă de amortizare pentru apele mari constînd din 4,5 × 10⁶m³ a fost prevăzută între cota de 98,50 şi cota deversorului de 100,40.

Profilul transversal al văii în punctul de amplasare a barajului avea forma unui trapez cu baza mică de cca. 30 m şi baza mare de cca. 180 m la cota 100.

Barajul a fost proiectat şi construit ca baraj în arc unic subţire, cu rază variabilă cu înălţimea atît în amonte cît şi în aval, în scopul unei mai bune utilizări a betonului.

Sprijinirea barajului pare a fi fost punctul slab care a pricinuit catastrofa.

În timp ce pe malul drept arcul se sprijinea pe un masiv de gnais cu care barajul a făcut o priză perfectă — porţiunea laterală a barajului rămînînd încastrată în rocă şi după distrugerea acestuia — pe malul stîng roca era constituită din şisturi în care, cu toate măsurile de precauţie luate, fixarea barajului a fost defectuoasă. Într-adevăr, s-a construit o culee, protejată printr-un perete lateral, pe care s-a sprijinit barajul.

Totodată, pentru a se evita afuierea ce ar fi putut fi provocată de lama deversantă, s-a construit un perete de beton puternic armat, de 0,50 m grosime, pe o porţiune de 30 m, lăţime în aval de baraj.

Dimensiunile principale ale barajului au fost de :

— Adîncime sub albia riului (fundaţie)	6,50	m.
— Înălţimea deasupra albiei riului	60	m.
— Grosimea maximă la cheie	6,91	m.
— Grosimea la coronament	1,50	m.
— Lungimea desfăşurată la coronament	222,66	m.
— Raza amonte la coronament	105	m.
— Unghiul de deschidere la coronament	135°.	

Deversorul, situat la cota 100,40, avea o lungime de 30 m, permiţînd evacuarea unui debit de 180 m³/s la cota apelor maxime.

Executarea lucrărilor a început în anul 1952.

Granulometria folosită la fabricaţia betonului a fost granulometria continuă Bolomey :

0— 4 mm	nisip de mare	185 kg/m³.
0— 4 mm	concasat	185 kg/m³.
4— 10 mm		202 kg/m³.
10— 25 mm		243 kg/m³.
25— 65 mm		498 kg/m³.
65—125 mm		684 kg/m³.
Ciment		300 kg/m³.
Apă		175 kg/m³.
		2 472 kg/m³.

cu un factor apă ciment mediu de 0,58.

Dozajul cimentului a fost menţinut la 300 kg/m³, afară de culee, pentru care a fost redus la 250 kg/m³.

Arcul a fost construit din 17 sectoare independente, de 13,50 m în medie, separate prin rosturi de contracţie. Turnarea betonului în sectoare s-a făcut pe porţiuni de 1,50 m înălţime, betonarea sectoarelor adiacente fiind totdeauna decalată cu cca. 3 porţiuni.

Rosturile de contracţie au fost închise în amonte cu o placă de cupru şi în aval cu tablă de oţel.

Legătura între beton şi stîncă a fost efectuată prin injecţii de lapte de ciment în forajele executate cu ciocanul pneumatic la piciorul paramentelor barajului.

Construcţia de ansamblu a necesitat execuţia a 17 971 m³ de terasamente şi turnarea a 47 587 m³ de beton reprezentînd cca. 1 m³ beton pentru 1 000 m³ de capacitate a lacului.

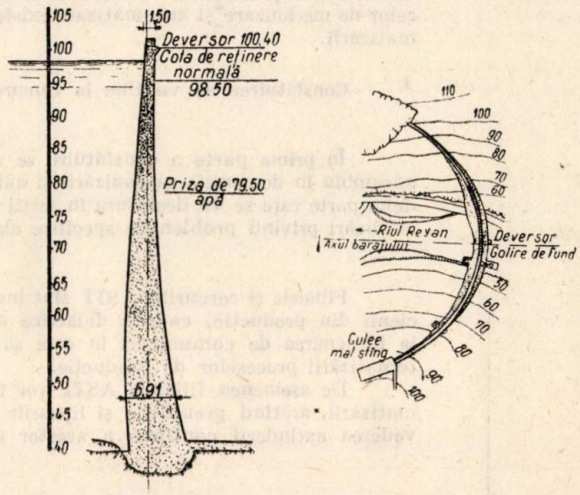


Fig. 3.

Execuţia lucrărilor a durat cca. 30 luni, cu un ritm maxim de beton pus în operă de 300 m³/zi.

Deşi este prematur să se facă presupuneri şi să se tragă concluzii asupra cauzei ruperii barajului de la Malpasset, se pot arăta însă unele constatări care sînt elocvente.

După rupere, pe malul drept a rămas în picioare, şi bine încastrată în stîncă, o porţiune laterală din baraj.

Ruptura era în zig-zag, cu porţiuni orizontale şi porţiuni la 45°. Secţiunea betonului arăta o structură granuloasă omogenă.

Pe malul stîng, culeea de sprijin a barajului a cedat, terenul alunecînd sub ea; de asemenea legătura între culee şi pintenul ei a cedat. Cedarea terenului se poate presupune că a survenit ca urmare a modificărilor roci în prezenţa apei şi în special a alternanţei de apă şi uscăciune.

Prin deplasarea unuia din punctele de sprijin, barajul în arc — lipsit de armătură — s-a sfărîmat, deoarece betonul a fost solicitat la eforturi de întindere din încovoiere, el fiind fixat rigid în malul drept.

Rezultatele cercetărilor efectuate de comisiile tehnice de anchetă a cauzelor catastrofei vor fi probabil cunocute mai tîrziu şi ele vor fi desigur mai precise şi detaliate.

Pînă atunci, aceste cîteva date permit însă o orientare asupra elementelor constructive ale barajului distrus de la Malpasset.

Consfătuirea ASIT cu tema „Creşterea productivităţii muncii prin mecanizarea şi automatizarea proceselor de producţie"

Creşterea productivităţii muncii constituie sarcina centrală a economiei; apreciind că una dintre cele mai importante căi pentru creşterea productivităţii muncii o constituie automatizarea şi mecanizarea producţiei, şi că în această privinţă inginerilor şi tehnicienilor le revine un rol principal, Consiliul Central ASIT a hotărît organizarea — la începutul anului 1960 — a unei consfătuiri cu tema:

„Creşterea productivităţii muncii prin mecanizarea şi automatizarea proceselor de producţie".

La consfătuire se vor analiza realizările obţinute în R.P.R. în aceste domenii şi se vor indica căile cele mai potrivite pentru dezvoltarea mecanizării şi automatizării în diferitele ramuri ale economiei naţionale.

Consfătuirea urmăreşte totodată să stimuleze şi să intensifice preocupările inginerilor, tehnicienilor şi cadrelor din economie pentru utilizarea mai bună şi perfecţionarea mijloacelor de mecanizare şi automatizare existente, cum şi pentru extinderea mecanizării şi automatizării.

*

Consfătuirea se va ţine la Bucureşti şi va dura 2—3 zile.

*

În prima parte a consfătuirii se vor prezenta referate generale privind problemele de ansamblu în domeniile mecanizării şi automatizării proceselor de producţie, iar în cea de-a doua parte care se va desfăşura în secţii pe ramuri industriale, se vor prezenta referate şi comunicări privind problemele specifice ale mecanizării în ramura respectivă.

*

Filialele şi cercurile ASIT sînt invitate pe această cale să mobilizeze inginerii şi tehnicienii din producţie, cadrele didactice din institutele politehnice, proiectanţii şi cercetătorii la întocmirea de comunicări în care să se prezinte realizări în domeniul mecanizării şi automatizării proceselor de producţie.

De asemenea filialele ASIT vor întocmi referate privind stadiul mecanizării şi automatizării, arătînd greutăţile şi lipsurile din aceste domenii cum şi măsurile ce le propun în vederea extinderii continue a acestor acţiuni în cadrul proceselor de producţie.

Energetică generală

CZ 662.69

GAZE NATURALE ÎN UZBEKISTAN — BWK, vol. **11** (1959) nr. 4, pag. 208.

Rezervele de gaze naturale din Uzbekistan, situate în regiunea dela nord-est de Buhara, sînt apreciate a se ridica la 460 miliarde m^3.

Aceste rezerve vor fi utilizate ca bază de materii prime pentru un centru de industrii chimice şi vor contribui la alimentarea cu gaze a regiunilor U.R.S.S, situate în centrul Asiei.

Conducta principală este în construcţie. Oraşele Kagan şi Buhara au şi fost racordate, urmînd în 1959 Samarkand şi Taşkent iar ulterior alte 11 oraşe.

Deasemeni sînt proiectate două conducte spre Urali, care vor acoperi majoritatea consumului de gaze din această regiune, prevăzut a se ridica în 1965 la 30 miliarde m^3.

a.m.

CZ 621.311.1(485)

Energetica Scandinaviei G. A. Töndury — Wasser und Energiewirtschaft **51** (1959) 5, 129—144

A. *Suedia.* Principala sursă de energie a Sudiei o reprezintă cursurile de apă al căror potenţial este evaluat la 130 TWh/an din care 80 TWh tehnic utilizabil din care se utilizează în prezent circa 39%. Rezervele de cărbune (4 800 kcal/kg) sînt apreciate la 100 milioane t din care se exploatează 300 000 t anual. La aceasta se pot adăuga 6 miliarde tone turbă, din care 10% sînt economic exploatabile. În sfîrşit Suedia mai dispune de zăcăminte de materiale radioactive cu un conţinut de uraniu de 100—300 g/t.

Centralele hidroelectrice suedeze în putere totală instalată de 4 800 MW sînt în general centrale de cădere mică (sub 50 m). Numărul celor de peste 75 kW depăşeşte 1 000, iar producţia lor este de circa 31 TWh. Volumul lacurilor de acumulare depăşeşte 32 km^3, ceea ce corespunde unei energii acumulate de 10 TWh (32 % din producţia anuală hidroelectrică).

Centralele termoelectrice sînt utilizate în special ca uzine de vîrf şi de rezervă.

Un prim reactor atomic experimental a fost instalat; prima centrală atomoelectrică de termoficare de 12 MW este în construcţie.

B. *Finlanda.* Singurii combustibili de care dispune Finlanda sînt lemnul (producţia actuală 7,5—10^6 m^3/an) şi turba (600 × 10^6 tone rezerve economic exploatabile). Potenţialul hidroenergetic este apreciat la 30 TWh/an din care 17 TWh/an economic amenajabil.

Energia produsă în 1958 de 7 958 GWh era în proporţie de 85% (7 314 GWh) hidraulică şi 15% (644 GWh) termică.

a.f.

CZ 621.311.1.001

Problema rezervelor la proiectarea şi planificarea dezvoltării energeticii. V. V. Bolotov. Electricestvo **79** (1959) nr. 3.

Articolul publicat pentru discuţie ridică problema determinării rezervei necesare în sisteme energetice puternice. După definirea rezervelor care sînt necesare (de încărcare, de avarie, de reparaţii, de exploatare, de importanţă naţională etc), se analizează şi se găseşte greşită metoda folosită în prezent, de a determina mărimea fiecărei categorii de rezervă separat şi a stabili ca necesară rezerva rezultată prin însumarea rezervelor pe categorii.

Autorul consideră ca o primă sarcină de cea mai mare importanţă elaborarea unei metodologii complexe dar în acelaşi timp destul de simple pentru institutele de proiectare şi pentru planificare. Afară de aceasta este necesară stabilirea normativelor de calcul legate de opririle forţate ale utilajului pe baza datelor exploatării.

De asemeni ca o problemă nouă se ridică alegerea nivelului rezervelor din sistemele energetice unificate prin legături slabe şi cu distanţe mari între punctele principale.

Avînd în vedere creşterea deosebită a nivelului electrificării la noi în ţară în următorii ani, această problemă este şi pentru noi deosebit de actuală.

d.m.

Termoenergetică

CZ 621.311.22.004

Dezgheţarea cărbunilor în centralele electrice de abur. Franţ Beran, Energetika (C.S.R.) nr. 6/1959, p. 293—296.

Se arată experienţa obţinută la CTE Hodonin în problema dezgheţării cărbunilor în timpul iernii prin folosirea căldurii din gazele de ardere de la cazanele de abur.

Se dau valori economice comparative şi date tehnice asupra elementelor constructive ale instalaţiei de dezgheţare a cărbunilor şi se arată măsurile de siguranţă luate cum şi modul de exploatare a instalaţiei.

Rezultatele măsurătorilor reprezentate în diagrame au arătat că pentru o temperatură maximă a gazelor în halele de dezgheţare de 80°C, operaţia de dezgheţare durează 2 ore şi se realizează un grad de folosire a căldurii de 40%. Preţul dezgheţării se ridică la circa 0,06 coroane pe t cărbune dezgheţat.

Se prezintă comparativ şi instalaţiile de dezgheţare construite la alte centrale electrice.

c.w.

CZ 621.311.22.001

Despre problemele proiectării buncărelor pentru materiale insilozabile, parţial insilozabile şi neinsilozabile. Rudolf Kvapil, Energetica C.S.R., (1959) nr. 8, p. 392—396.

Materialele insilozabile (praf de cărbune, cereale) au în buncăre o mişcare după un elipsoid de rotaţie, ceea ce are ca urmare că la actualele buncăre se foloseşte util doar 20—30% din volumul total.

Se dau principiile şi metodele de calcul al dimensiunilor optime ale buncărelor, în funcţie de parametrii elipsoidului de rotaţie şi metodele experimentale de obţinere a lor.

Pentru materialele parţial insilozabile şi neinsilozabile (turbă, cărbune sub formă de bulgări) nu se pot folsi buncărele clasice ci tipuri speciale, adaptate cu dispozitive care să forţeze mişcarea de cădere şi se dau exemple de construcţii de astfel de buncăre.

c.w.

CZ 621.311.22.001

Controlul centralizat şi automatizarea în centralele termoelectrice. F. Scheurer, Mesures et Contrôle Industriel (1959) nr. 265 (iunie) p. 451—461.

Se descriu unele aspecte ale instalaţiilor de control centralizat ale unor centrale realizate în ultimii ani.

Una dintre centrale (Procheville), pusă în serviciu în 1957 cuprinde 4 blocuri unitare de 125 MW. Fiecare bloc este comandat de un singur conducător ajutat de un om de tură şi supravegheat de un şef, care controlează două blocuri. Sala de comandă cuprinde toate aparatele de măsură, control, reglare şi comandă a două blocuri şi a auxiliarelor lor. Această sală este situată la nivelul grupurilor turbogeneratoare, la intersecţia liniei de separare a sălii maşinilor de sala cazanelor, cu linia de separare a celor două secţiuni. Lungimea transmisiilor este astfel redusă la minimum. Se dau planurile cu amplasamentele sălii de comandă.

La etajul inferior, sub camera de comandă, se găseşte camera în care sosesc cablele de măsură şi reglare şi sînt montate releele electrice şi pneumatice necesare comenzilor, semnalizărilor, reglării automate şi controlului.

Aparatele statistice, contoarele, tablourile instalaţiilor anexe şi o parte din înregistratoare, sînt grupate pe panouri verticale aşezate în partea din dos a sălii de comandă.

Elementele de automatizare necesare conducerii blocului sînt grupate în partea principală a sălii şi dispuse simetric pentru fiecare din cele două blocuri, conducătorii stînd spate în spate; şeful de supraveghere comun pentru cele două

blocuri și pupitrul de transmisiuni telefonice sînt plasați în mijlocul celor două blocuri. Dispoziția circulară a panourilor și pupitrelor prezintă marele avantaj de a reduce distanțele de deplasare ale conducătorului, față de aceleași panouri și pupitre într-o așezare rectilinie. S-a adoptat o aparatură miniaturizată care a micșorat simțitor dimensiunile pupitrelor față de instalațiile anterioare, cu tot numărul considerabil sporit de instrumente.

În continuare se descriu instalațiile de control centralizat realizate pentru modernizarea unei alte centrale electrice (Yal'ville) cu două blocuri de cîte 50 MW. Prin introducerea controlului centralizat s-a obținut o reducere a personalului de conducere a celor două blocuri la 6 oameni pe schimb, în loc de 18 cîți erau înainte de modernizare.

m.s.

CZ 621.311.22.004

Economia și supravegherea evacuării zgurei pe cale hidraulică. J. Noàk și M. Nademlynsky, „Strijirenstivi" 7 (1957) nr. 5, p. 338 și 353/54

Din probele din exploatare făcute asupra evacuării zgurei pe cale hidraulică, a rezultat că pentru a funcționa economic și fără deranjamente, proportia favorabilă ar fi 3 t apă la o tonă de cenușă fină, și de 10 t apă pe tonă de zgură ; această din urmă proporție depinde de granulație.

În concluzie se recomandă : evitarea pierderilor de apă și de energie la pornirea pompelor de apă și a ejectoarelor provenite din demarări prea dese, prin pierderea de indicatoare de nivel a pîlniilor de cenușă ; introducerea distribuitoarelor mecanice de cenușă la ejectoare, pentru a se obține concentrări omogene, și a vibratoarelor la pîlnii pentru a se evita formarea de spații goale ; indicarea sarcinii pompelor de apă, pentru a le menține în funcțiune după necesitatea momentană ; măsurarea presiunii și debitului de apă curată, după pompe controlul presiunii în conducta de transport, după ejectoare, și supravegherea concentrației amestecului, (prin măsurarea absorbțiunii razelor gama, etc)

v.a.

CZ 621.311.22.002.001

Armături pentru conducte Energetica (C.S.R.) nr. 7 (1959) Suplimentul B17 — Îndreptar Practic de Energetică, 16 p., 42 desene, 10 tabele

După o clasificare detaliată a armăturilor folosite în C.S.R. și străinătate, se indică caracteristicile materialelor utilizate în funcție de temperatura și presiunea agentului de lucru cum și coeficienții de eroziune.

Pentru armăturile de închidere, robineți, ventile și clape de reținere, ventile de siguranță, armături pentru condensat, armături de reglare și reducere etc, se dau caracteristicile constructive și se face descrierea unor defecte de construcție și montaj și a cauzelor defectării armăturilor și se indică domeniile de utilizare.

Sub formă de diagrame se prezintă calculul pierderilor de presiune. Calculul pierderilor de temperatură se dă și pentru armături izolate și neizolate termic. Se arată normele de control și probele la care trebuiesc încercate armăturile în diverse țări (1,5 ori presiunea de lucru în C.S.R. și cea mai mare presiune de lucru în U.R.S.S., R.F.G.), modul indicării armăturilor și normele cehoslovace pentru armături.

c.w.

Electroenergetică

CZ 621.316.262.001

Unele probleme legate de introducerea stațiilor fără întreruptor pe partea de înaltă tensiune. E. D. Zeilidzon. Electriceschie Stanții (1959) nr. 5, p. 48—52, 7 fig.

Introducerea stațiilor de transformare fără întreruptoare pe partea de înaltă tensiune este o problemă deosebit de actuală prin concepția nouă asupra siguranței stațiilor și prin efectele economice care rezultă prin adoptarea lor. Legat de aceasta în dec. 1958 a avut loc la Moscova o consfătuire cu această temă. Revista publică articolul lui E. D. Zeilidzon în vederea unei discuții largi a problemelor ridicate.

În articol se arată linia pe care a stabilit-o consfătuirea în această direcție.

Se disting în ordinea complexității următoarele categorii de stații :

A — cu legarea directă a transformatoarelor pe partea de înaltă tensiune.

B — cu siguranțe pe partea de înaltă tensiune.

C — cu scurtcircuitoare și separatoare.

D — cu transmisia impulsului de declanșare la altă stație.

Condițiile cărora trebuie să-i corespundă stația derivă din rolul pe care-l are întreruptorul.

Aceste condiții sînt :

1. Deconectarea automată a transformatorului în cazul defectării lui (sau a porțiunii de conducte aferente transformatorului).

2. Deconectarea automată a transformatorului la scurtcircuite exterioare, la refuzul declanșării întreruptorului din aval (rezerva protecției).

3. Operațiile de deconectare neautomate ale transformatorului (de regim sau reparații).

4. Anclanșarea automată pentru restabilirea alimentării consumatorilor (RAR sau AAR) și

5. Operațiile automate și neautomate, pentru conectare sau deconectare legate de menținerea în funcțiune a liniilor sau transformatoarelor neafectate de avarie, care nu au întreruptor separat.

Pornind de la aceste condiții se analizează în ce măsură schemele de stații menționate mai sus pot răspunde cerințelor unei exploatări normale.

Autorul indică condițiile care se impun protecției prin relee și automaticii în cazurile analizate, arătînd și riscurile pe care trebuie să și le asume sistemul energetic la aplicarea stațiilor fără întreruptor pe partea de înaltă tensiune. Pe baza materialului statistic se demonstrează că siguranța în exploatare crește prin renunțarea la întreruptor, întrucît procentul de avarii al întreruptoarelor este mult superior celui constatat la transformatoare.

Pentru realizarea stațiilor de acest tip există posibilități multiple. Se prezintă ca exemplu o stație realizată în sistemul Celiabinsc, unde în loc de siguranțe s-au intercalat în circuit conductoare cu secțiune mai mică, care la scurtcircuit se topesc și funcționează concomitent cu RAR al liniei de alimentare.

d.m.

CZ 621.316.262.002

Folosirea separatoarelor ca aparate de manevră. N. A. Cazac și S. S. Lazarev, Electriceschie Stanții anul 30 (1959) nr. 2 p. 62—64, 4 fig.

Articolul se publică pentru discuție.

În introducere autorii arată că datorită eliminării întreruptoarelor din schemele de comutație ale stațiilor de transformare, siguranța alimentării consumatorilor crește datorită eliminării avariilor datorate însuși întreruptoarelor și care se mențin destul de ridicate. Acest fapt combinat cu efectul economic considerabil care rezultă din eliminarea întreruptoarelor și simplificarea și ieftinirea exploatării face justificată preocuparea crescîndă a proiectanților pentru scheme în care separatoarele joacă rolul aparatelor de manevră.

În continuare indicînd experiența franceză în crearea de stații cu separatoare de manevră și întreruptor de scurtcircuitare, se popun de către autori două scheme simple pentru stații cu unul sau două transformatoare și mai multe plecări.

Ambele scheme au la bază șuntarea arcului pe faza pe care apare scurtcircuitul, printr-un întreruptor cu acționare monofazică și acționarea cu dispozitiv de acționare cu comandă la distanță a separatorului liniei defecte.

Din analiza autorilor rezultă un domeniu larg de aplicare a acestor scheme, care necesită aparataj simplu și sînt sigure în exploatare. Timpii de deconectare în cazul stingerii reușite a arcului sînt identici cu timpii realizați la schemele cu întreruptoare și RAR, iar timpul de deconectare în cazul unui scurtcircuit care se menține este mai lung cu timpul de anclanșare al întreruptoarelor de pe transformatoare.

Acest dezavantaj însă este neglijabil față de avantajele arătate. Autorii propun folosirea separatoarelor și în locul întreruptoarelor de șuntare a reactoarelor de pornire a mașinilor sincrone.

d.m.

CZ 621.315.1 :621.316.9

Reanclanşarea automată rapidă a liniei de transport Centrala de pe Volga-Moscova. S. E. Stepanin şi M. A. Fedoseev. Electriceschie Stanţii nr. 8 (1959) p. 53 – 59. 6 fig. 7 ind. bibliografice

Datele statistice arată că defectele care apar pe liniile de înaltă tensiune sînt în mare parte tranzitorii. Cu creşterea tensiunii de exploatare a liniei se constată din ce în ce mai multe defecte tranzitorii (procentual), deci eficacitatea RAR creşte.

Faptul că la liniile de înaltă şi foarte înaltă tensiune defectele sînt în special monofazice justifică interesul pentru folosirea RAR monofazic pe aceste linii.

Însă lucrările din occident arătau că în cazul liniilor de 220 kV timpul de stingere al arcului în cazul unei RAR monofazice ar duce la ciclu prea lung, datorită întreţinerii arderii arcului prin cuplajele capacitive şi inductive de la fazele rămase sub tensiune.

Calculele şi încercările pe modele efectuate în U.R.S.S. au arătat netemeinicia acestei afirmaţii şi posibilitatea realizării unei reanclanşări monofazice pe liniile de 400—500 kV.

Articolul de faţă prezintă schema elaborată de către VINITE sub conducerea candidatului în ştiinţe tehnice Feist şi grupei de ingineri din cadrul T.E.P. care a fost încercată în laborator, pe modelul dinamic al Academiei de Ştiinţe a U.R.S.S. şi pe viu pe linia Kuibîşev -Moscova. Schema se intitulează OAPV-400 M şi a trecut în fabricaţie de serie.

Elementul principal al schemei, releul de selecţie este un releu de impedanţă cu caracteristică circulară. Cu acest element se face în plus protecţia liniei în cazul funcţionării în regimuri nesimetrice, deoarece în aceste condiţii protecţia de înaltă frecvenţă nu funcţionează suficient de sigur.

În articol se prezintă funcţionarea schemei în regimurile de bază, se prezintă oscilogramele ridicate cu ocazia încercărilor şi se arată îmbunătăţirile aduse schemei în timpul experimentărilor.

În concluzie se arată că schema funcţionează bine.

d.m.

CZ 621.316.262.001

Despre proiectele tip ale staţiilor de distribuţie şi transformare B. T. Melnicov Electriceschie stanţii anul **30** (1959) nr. 3, p. 60—61, 5 fig.

Articolul indică unele simplificări concrete în proiectarea staţiilor, arătînd că proiectele tip elaborate în 1950 şi care se mai aplică şi în prezent sînt învechite şi propune introducerea acestor modificări în noile proiecte, arătînd totodată că unităţile de montaj au trecut de acum la realizarea lor. Dintre aceste propuneri trebuie arătate unele care prezintă interes şi pentru ţara noastră.

Astfel se propune eliminarea elementelor de legătură la corzile care trec pe sub cadre la barele colectoare ale staţiilor de tip exterior, executînd barele colectoare dintr-un singur conductor pe toată lungimea lor, coarda executîndu-se prin lăsarea unei porţiuni libere pe sub cadru. De asemenea se propune eliminarea clemei de derivaţie la coborîrile de la bare la separatoare, montînd conductorul în serie cu racordarea întîi la unul din separatoare, de unde se pleacă la al doilea separator.

Se propune un aranjament al celulelor de 6 kV interioare cu acţionarea numai din faţa celui fără separarea cutiei terminale a cablului, realizînd în felul acesta economii de 300 000 ruble de staţie. De remarcat că acest fel de celule au fost propuse înainte în proiecte ale Institutului de Studii şi Proiectări Energetice la noi în ţară.

De asemeni se propune eliminarea paravanului dintre barele colectoare şi separatoare în cazul staţiilor de 6 kV interioare, propunere care şi ea a fost realizată în R.P.R.

d.m.

CZ 621.315.1.002

Mecanizarea complexă a construcţiei de linii. Uhlir J., Energetika (CSR), **9** (1959), 8, p. 407—410

La o întreprindere regională de electricitate din R. Cehoslovacă s-a păşit la mecanizarea lucrărilor pe baza unui plan de ansamblu, în ordinea eficacităţii. În prima etapă s-au mecanizat operaţiile cu ponderea cea mai mare în planul de producţie, la construcţia liniilor aeriene de joasă şi înaltă tensiune, sistematizîndu-se domeniul în patru grupe cronologice de operaţii. Cea mai potrivită pentru mecanizarea imediată este grupa a doua, cuprinzînd săparea şi astuparea gropilor, de aceea mecanizarea acestor operaţii este relativ cunoscută. Mai puţin cunoscute sînt maşinile pentru prima grupă de operaţii, care cuprinde încărcarea, transportul, descărcarea şi distribuirea pe teren a stîlpilor şi soclurilor. În articol se prezintă, cu ilustraţii, unele maşini din acest domeniu.

Un saşiu simplu construit pentru deplasarea pe teren accidentat a stîlpilor şi soclurilor de beton, are longeronul format din două ţevi paralele îndoite şi unite prin zăbrele pentru a rezista la încovoiere sub sarcinile grele ; în faţă are ochiul de remorcare, la nivel mai jos decît restul longeronului, iar în spate are un troliu pentru ridicarea sarcinilor. Stîlpii se suspendă sub schelet, în care scop cele două roţi cu pneuri sînt montate la capetele inferioare ale unei furci, de asemenea din zăbrele tubulare şi solidară cu longeronul cu care formează un schelet rigid.

O altă maşină simplă dar utilă este cea care pozează în pămînt la adîncimi pînă la 1 m, priza de pămînt a stîlpului, în formă de bandă orizontală. Maşina este un pantograf pe un saşiu monoax remorcat de tractor. Cuţitul poate fi coborît sau ridicat după necesitate rămînînd însă mereu vertical. Banda se îndoaie pur şi simplu în jurul capătului cuţitului, şi acesta se trage ca un plug pornind de la o groapă de 20 × 20 cm săpată lîngă stîlp la adîncimea prizei.

Se mai descrie şi un adaptor - tripied la camion, în vederea ridicării stîlpilor în picioare.

a.s.

CZ 621.315.1.002

O nouă metodă de săpare a gropilor de fundaţie pentru stîlpi prin puşcare, K. Mertl, Energetika (C.S.R.) (1959) Nr. 6, p. 304—305

În scopul reducerii timpului şi a cheltuielilor la săparea gropilor de fundaţie pentru stîlpii liniilor electrice s-a elaborat o nouă metodă de săpare prin utilizarea explozibililor introduşi într-o coloană de foraj cu un diametru interior de 30 mm.

Se dau date tehnice şi economice comparative faţă de metoda clasică.

Felul terenului	metoda clasică		metoda nouă	
	Ore/groapă	Coroane/groapă	Ore/groapă	Coroane/groapă
Mlăştinos, nisipos, mişcătoare, turbu-rări	23,90	93,46	4,78	19,79
Teren cu apă	11,36	43,96	4,78	19,79
Teren normal	9,71	37,95	4,78	19,79

Hidroenergetică

CZ 621.311.21(67)

Amenajarea hidroelectrică a rîului Congo la Inga Le Génie Civil **135** (1959) 12, 267—268

Rîul Congo are o lungime de 5 000 km şi un debit modul de 40 000 m³/s. Bazinul său fiind repartizat aproape egal la sud şi la nord de ecuator (total 3 800 000 km²) regimul său este deosebit de echilibrat, variaţia debitelor măsurate în perioada 1902—1957 fiind de la 23 000 la 67 000 m³/s.

Cu 140 km amonte de vărsare se află cataractele de la Inga unde se poate amenaja o cădere de 100 m, realizîndu-se o centrală hidroelectrică cu o putere instalată de peste 30 000 MW şi o producţie de 320 miliarde kWh.

Execuţia este prevăzută în trei faze :

— faza I pe firul apei cu o putere instalată în două centrale aeriene totalizînd 1 800 MW şi o producţie de 12 miliarde de kWh, fiecare centrală avînd 12 grupuri de 75 MW.

— faza II a două centrale subterane a 2 500 MW, fiecare echipată cu 12 grupuri de 210 MW.

— faza III cu zece centrale avînd caracteristici similare cu cele ale fazei a doua.

Execuţia ar dura 70 ani, deci este posibilă o scurtare a termenului dacă se va intensifica industrializarea Congo-ului

a.f.

V. M. GORNSTEIN : Regimul optim de funcţionare a centralelor hidroelectrice în cadrul sistemelor energetice (Naivîdodneişie rejimî raboti ghidrostanţii v energheticeskih sistemah) Gosenergoizdat — Moscova 1959 (248 p., 74 fig., 24 tit. bibl.)

CZ 621.316.052 :621.311.21.004.1(021)

Lucrarea se bazează pe lucrările practice şi teoretice efectuate de autor împreună cu un număr important de colaboratori, în decursul mai multor ani, în cadrul Direcţiei unificate a dispecerului sistemelor energetice centrale, Institutului ştiinţific de cercetări hidrotehnice „Bendeev" şi Institutului de cercetări ştiinţifice electroenergetice.

În carte sînt expuse metodele principale utilizate pentru alegerea regimului optim de funcţionare a uneia (sau mai multor) centrale hidroelectrice care lucrează în sistem cu centrale termoelectrice. Spre deosebire de concepţia adoptată de mulţi autori, după care optim este considerat regimul care asigură producţia maximă totală furnizată de centrala hidroelectrică pentru debitul din perioada de calcul, autorul consideră ca regim optim al centralei hirdoelectrice acela care asigură cheltuieli minime de combustibil în cadrul centralelor termoelectrice. Acest criteriu este adoptat astăzi oficial în U.R.S.S. În efectuarea calculelor, autorul renunţă la procedeul, larg răspîndit în literatură, de introducere de ipoteze simplificatoare constînd în adoptarea unor relaţii lineare pentru caracteristicile agregatelor lacului de acumulare şi graficelor de sarcină a sistemelor energetice, considerarea independenţei dintre randamentul şi sarcina agregatelor şi altele. Aceste ipoteze simplificatoare se adoptă pentru obţinerea de formule analitice. Autorul arată că astfel de formule necesită totuşi calcule complicate pentru aplicarea lor, iar ipotezele simplificatoare conduc la erori mari. Autorul adoptă în lucrare metode de calcul grafo-analitic, ceea ce permite utilizarea caracteristicilor reale ale agregatelor, lacurilor de acumulare etc. şi totodată uşurează calculele. Una dintre caracteristicile calculul regimului de funcţionare a sistemelor energetice cu centrale hidroelectrice constă în necesitatea examinării acestui regim pe un interval de timp mai lung (o zi, o lună, un an). În această situaţie, toate mărimile care caracterizează regimul unei anumite centrale nu depind de sarcinile instantanee, ci de variaţia lor în timpul considerat. Autorul a ajuns la concluzia că, pentru a obţine date corecte ţinînd seamă de cele arătate mai sus, este necesară aplicarea metodelor calculului variaţional. Cu metodele de calcul obişnuite nu se poate determina, de regulă, decît regimul cel mai favorabil dintr-un şir de regimuri examinate. Calculul variaţional permite determinarea regimului optim în cadrul tuturor regimurilor posibile.

Lucrarea prezintă şi problema funcţionării în sistem a centralelor hidroelectrice cu luarea în considerare a variaţiei nivelului aval, în funcţie de sarcina centralei. Această variaţie are importanţă îndeosebi pentru centralele hidroelectrice de joasă presiune.

Avînd în vedere problemele analoge pe care le pun proiectarea şi exploatarea centralelor hidroelectrice care funcţionează într-un sistem cu centralele termoelectrice în R.P.R., considerăm că lucrarea va interesa un cerc larg de energeticieni.

Ing. *V. Cozelciuc*

A. A. GLAZUNOV şi A. A. GLAZUNOV. Bazele părţii mecanice a liniilor electrice aeriene de transport. Gosenergoizdat — Moscova — Leningrad 1959, 240 pag.

CZ 621.315.17.001(021)

Discuţiile vii care au avut loc şi continuă şi în prezent în cercurile tehnice în legătură cu proiectarea şi construcţia liniilor electrice explică interesul manifestat în legătură cu apariţia volumului doi al cărţii cunoscuţilor specialişti în domeniul liniilor electrice aeriene, profesorul A. A. Glazunov şi conf. A. A. Glazunov.

Perioada relativ mare, care s-a scurs de la apariţia volumului întîi şi pînă la editarea celui de al doilea se datorează faptului că în timpul pregătirii volumului pentru tipar au avut loc discuţiile în legătură cu modificarea prescripţiilor de construcţie a instalaţiilor electrice, editate în U.R.S.S. în 1947, discuţii care au dus la un număr mare de schimbări şi orientări noi.

Volumul al doilea a trebuit din această cauză să fie refăcut în întregime şi să cuprindă toate elementele noi, care au apărut. Autorii au şi făcut acest lucru, revăzînd lucrarea pînă la penultima formă a noilor prescripţii. Comparînd ulterior materialul ieşit de sub tipar cu ultima formă a noilor prescripţii sovietice, autorii indică în prefaţă unele puncte care au fost modificate pe parcurs.

Volumul al doilea cuprinde patru mari capitole şi anume :

— Bazele proiectării liniilor electrice aeriene de transport.

— Lemnul ca material pentru stîlpii liniilor aeriene şi solul.

— Funcţionarea şi calculul elementelor stîlpilor de lemn ai liniilor electrice aeriene.

— Construcţia şi calculul tipurilor de bază de stîlpi de lemn pentru liniile electrice ariene de transport.

Cititorii îşi pot da seama că pentru specificul ţării noastre, unde construcţia liniilor pe stîlpi de lemn este foarte limitată, ultimele capitole prezintă mai mult o importanţă teoretică, de orientare asupra ceea ce este nou în construcţia liniilor de transport pe stîlpi de lemn, în schimb capitolul întîi prezintă o importanţă mare prin indicaţiile pe care le dă în privinţa proiectării liniilor electrice aeriene.

Analiza amănunţită a tipurilor de stîlpi folosiţi la diversele tensiuni în toate ţările, cu indicarea avantajelor tehnice şi economice, dă orientare asupra tendinţelor în acest domeniu.

Una din concluziile cele mai importante, pe care considerăm că trebuie s-o subliniem este indicaţia privitoare la folosirea stîlpilor ancoraţi, ca fiind soluţia care s-a impus în ultimii ani în foarte multe ţări, pentru linii cu tensiuni mari, prin siguranţa mare pe care o prezintă în exploatare, economicitatea deosebită şi uşurinţa de transport şi montaj.

Dintre celelalte trei capitole remarcăm analiza amănunţită a calităţii lemnului întrebuinţat pentru construcţia stîlpilor cu indicarea metodelor celor mai eficace de conservare în exploatare.

Cartea cîştigă prin claritatea expunerii şi prin dozarea bine aleasă a materialului, dînd concis tot ceea ce este necesar pentru calculul mecanic al liniilor pe stîlpi de lemn în practica inginerească.

Materialul grafic bogat şi cele 25 de anexe cuprinzînd datele necesare proiectării întregesc lucrarea.

Aşteptăm apariţia ultimelor două volume ale cărţii care sub această formă va fi una din cele mai complete monografii asupra calculului mecanic al liniilor electrice aeriene.

Ing. *D. Marc*

I. P. 2, c 4785

СОДЕРЖАНИЕ

I. D. Stănescu: **Достижения и перспективы в области промышленной теплофикации Румынии**

Energetica 8 (1960) no. 2, p. 49—52

C. Dinulescu: **К вопросу исследования условий скоростного запуска котлов и турбин на румынских ТЭЦ.**

В работе делается обзор главным образом советских котлов и турбин высокого давления (110 ата.) на основных вумынских ТЭЦ и затем котлов и турбин среднего давления.

Energetica 8 (1960) no. 2, p. 53—60

N. Pănoiu, G. Singer и I. Carabogdan: **Первые результаты помола лигнита на вентиляторной мельнице, сконструированной в Румынии**

Отмечаются применяемые за рубежом установки для помола низкокачественных углей и указываются предпосылки, положенные в основу выбора вентиляторной мельницы для помола румынских лигнитов.

Рассматриваются результаты полученные на вентиляторной мельнице при схеме без термической подготовки. Результаты доказывают превосходство вентиляторной мельницы для помола румынских лигнитов по сравнению с другими конструкциями.

Energetica 8 (1960) no. 2, p. 60—63

Al. Ionescu: **Пуск генераторов в режиме синхронного компенсатора**

Одним из наиболее рентабельных методов компенсации реактивной энергии является преобразование старых синхронных генераторов в синхронные компенсаторы. Это применимо также для генераторов, двигательные агрегаты которых находятся в ремонте. Использование генераторов в последнем случае долгое время ограничивалось значительными трудностями, возникающими при их пуске.

Energetica 8 (1960) no. 2, p. 63—66

Margareta-Doina Szabados: **Коррозия железа и меди в установках термической обработки воды**

Energetica 8 (1960) no. 2, p. 67—69

Ilie Mihai: **Защитные элементы против сверхнапряжений для моделировочной базы по исследованию поведения станций при атмосферных сверхнапряжениях.**

Energetica 8 (1960) no. 2, p. 69—75

D. Spiridon: **Методы определения поверхностного гидроэнергетического потенциала Румынии**

Описываются методы, применение которых является возможным в условиях Румынии, как для оценки поверхностного энергетического потенциала, так и для предварительного определения для всей территории страны изоплет потенциала атмосферных осадков и стоков. Далее показаны методы, примененные при изучении поверхностного потенциала гидрографических бассейнов Тимиш – Бырзава и Сомеш в рамках разрабатываемого труда: „Атлас гидроэнергетических ресурсов РНР" и вносятся предложения по изучению других бассейнов страны. В заключение рассматривается относительный поверхностный потенциал (потенциал, отнесенный к какому либо реперу) и выводятся формулы расчета абсолютного потенциала (отнесенного к уровню моря).

Energetica 8 (1960) no. 2, p. 76—84

НА ПРЕДПРИЯТИЯХ – ХРОНИКА – ИЗ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ АСИТ – ДОКУМЕНТАЦИЯ – РЕЦЕНЗИИ

INHALTSVERZEICHNIS

I. D.: Stăncescu, **Ergebnisse und Aussichten der gekuppelten Wärme-und Krafterzeugung für industrielle Zwecke in unserem Land**

Energetica 8 (1960) no. 2, p. 49—52

C. Dinulescu: **Beiträge zum Studium der Bedingungen des Schnellanlaufs der Dampfkessel und der Turbinen in unseren thermo-elektrischen Kraftwerken**

Der Aufsatz behandelt hauptsächlich die sowjetischen Hochdruck-Dampfkessel und-Turbinen (110 atü) aus unseren Kraftwerken und nur an zweiter Stelle die Mitteldruck-Kessel und-Turbinen.

Energetica 8 (1960) no. 2, p. 53—60

N. Pănoiu, G. Singer, und *Carabogdan, I.:* **Die ersten Ergebnisse der in der R.V.R. konstruierten Ventilatormühle für Lignitvermahlung**

Unter Hinweis auf die zur Zeit in den verschiedenen Ländern in Betrieb befindlichen Mahlanlagen fur minderwertige Kohlen, werden die für die Konstruktion der Ventilatormühle für Vermahlung inländischer Lignite entscheidenden Umstände angegeben. Aus der Beschreibung und Untersuchung der, in einem Schaltbild ohne thermische Vorbereitung, erzielten Ergebnisse der in der R.V.R. gebauten Ventilatormühle geht die Überlegenheit dieser Anlage fur die Vermahlung inländischer Lignite hervor.

Energetica 8 (1960) no. 2, p. 60—63

Al. Ionescu: **Als synchrone Phasenschieber betriebene Drehstromerzeuger**

Eine der durchaus wirtschaftlichen Verfahren der Blindleistungskompensation ist der Umbau veralteter synchroner Drehstromgeneratoren in synchrone Phasenschieber. Es lässt sich das Gleiche mit Generatoren erzielen, deren Antriebsmotoren in Überholung oder Instandsetzung begriffen sindl Die Verwendung der Stromerzeuger in diesem letzten Falwar bisher durch die grossen, mit dem Anlassen zusammen. hängenden Schwierigkeiten, eingeschränkt.

Energetica 8 (1960) no. 2, p. 63—66

Margareta-Doina Szabados: **Eisen-und Kupferkorrosionen an der Ausrüstung für die Wärmebehandlung des Wassers**

Energetica 8 (1960) no. 2, p. 67—69

Ilie Mihai: **Elemente zum Schutz gegen die Ueberspannungen, die von der Grundlage der Modellierung benötigt werden, für das Studium des Verhaltens der Kraftwerke gegenüber den atmosphärischen Ueberspannungen**

Energetica 8 (1960) no. 2, p. 69—75

D. Spiridon: **Verfahren zur Bestimmung des Oberflächenwasserkraftpotentials der R.V.R.**

Es werden die für in der RVR gegebene Bedingungen anwendbaren Schätzungsverfahren des Oberflächenwasserkraftpotentials und die Ausarbeitung der ersten Auflage der für das gesamte Landesgebiet gültigen Potentialisopleten der Niederschläge und Abflüsse erörtert.

Die bei der Erforschung des Oberflächenpotentials der Zuflussgebiete Timiş – Hîrzava und Someş, im Rahmen des in Ausarbeitung begriffenen Atlasses der rumänischen Wasserkraftreserven angewendete Verfahren werden ebenfalls dargestellt und Vorschläge für die Erforschung der übrigen Zuflussgebiete des Landes gemacht. Zum Schluss werden das relative (auf eine bestimmte Quote bezogene) Oberflächenpotential behandelt und die Formeln angegeben mit deren Hilfe das absolute (auf den Meeresspiegel bezogene) Potential berechnet werden kann.

Energetica 8 (1960) no. 2, p. 76—84

AUS DEN BETRIEBEN — CHRONIK — AUS DER TÄTIGKEIT DES ASIT — DOKUMENTIERUNG REZENSIONEN

SOMMAIRE

I. D. Stăncescu : **Réalisations et perspectives dans le domaine de la thermification industrielle dans notre pays**

Energetica 8 (1960) no. 2, p. 49—52

C. Dinulescu : **Contributions à l'etude des conditions de mise en marche rapide des chaudières et des turbines de nos centrales thérmoelectriques**

Le travail traite principalement des chaudières et des turbines soviétiques à grande pression (110 at) de nos centrales, qui sont les plus i portantes et, subsidiairement, des chaudières et des turbines à pression moyenne.

Energetica 8 (1960) no. 2, p. 53—60

N. Pănoiu, G. Singer et *I. Carabogdan* : **Premiers résultats obtenus dans le broyage des lignites avec le broyeur-ventilateur construit dans la R.P.R.**

Après avoir rappelé les installations de broyage pour charbons inférieurs existants dans différents pays, l'auteur relève les prémisses qui ont mené au choix du broyeur-ventilateur pour le broyage des lignites roumains.

Il présente et analyse les résultats obtenus avec un broyeur-ventilateur sans préparation thermique préalable. Les résultats indiquent la supériorité du broyeur-ventilateur en ce qui concerne le broyage des lignites roumains.

Energetica 8 (1960) no. 2, p. 60—63

Al. Ionescu : **Démarrage en compensateur synchrone des génératrices**

Une méthode très avantageuse pour compensser l'énergie réactive c'est de transformer les anciens génératrices synchrones en compensateurs synchrones. On peut en faire autant avec les générateurs dont les groupes d'entrainnement sont en révision ou en réparation. L'emploi des génératrices, dans ce dernier cas, a été longtemps malaisé à cause des difficultés très grandes de lancement.

Energetica 8 (1960) no. 2, p. 63—66

Margareta-Doina Szabados : **Corrosions du fer et du cuivre à l'équipement pour le traitement thermique de l'eau**

Energetica 8 (1960) no. 2, p. 67—69

Ilie Mihai : **Éléments de la protection contre les surtensions, nécessaires à la base du modelage pour l'étude du comportement des stations soumises à des surtensions atmosphériques**

Energetica 8 (1960) no. 2, p. 69—75

D. Spiridon : **Méthodes pour la détermination du potentiel hydroénergétique superficiel de la R.P.R.**

L'article décrit les méthodes qui peuvent être utilisées dans les conditions existantes dans la R.P.R. aussi bien pour l'évaluation du potentiel hydroénergètique superficiel que pour la détermination, en une première édition pour tout le territoire du pays, des isoplètes du potentiel des précipitations et d'écoulement.

L'auteur expose également les méthodes appliquées à l'étude du potentiel superficiel des bassins hydrographiques de Timiş-Hîrzava et de Someş qui figurent dans l'ouvrage en cours d'élaboration „Atlas des resources hydroénergetiques de la R. P. R.", tout en proposant d'étudier aussi d'autres bassins du pays. Enfin, il traîte du potentiel superficiel relatif (potentiel rapporté à un repère quelconque) et il déduit les formules à l'aide desquelles on peut calculer le potentiel absolu (potentiel rapporté au niveau de la mer).

Energetica 8 (1960) no. 2, p. 76—84

NOUVELLES DES ENTREPRISES — CHRONIQUE — ACTIVITÉS DE l'ASIT — DOCUMENTATION — COMPTES RENDUS.

CONTENTS

I. D. Stăncescu : **Achievements and prospects in the field of industrial district heating in our country**

Energetica 8 (1960) no. 2, p. 49—52

C. Dinulescu : **Contributions to the study of the rapid starting conditions of boilers and turbines of our thermo-electrical power stations**

The paper deals mainly with the Soviet high-pressure (110 at) boilers and turbines of our power stations and only subsidiarily with the mean pressure boilers and turbines.

Energetica 8 (1960) no. 2, p. 53—60

N. Pănoiu, G. Singer and Carabogdan I. : **First results obtained in lignite grinding with the blowing mill designed in the R.P.R.**

After mentioning the various grinding engines for inferior coals from several countries, the author states the premises which have lead to the choosing of a blowing mill for lignite grinding in our country.

They present and analyse the results obtained with a blowing mill without any thermic preparation. The results indicate the superiority of the blowing mill for the grinding of Roumanian lignites.

Energetica 8 (1960) no. 2, p. 60—63

Al. Ionescu : **Starting of interlock compensated generators**

One of the best methods for reactive power compensation is the transformation of old interlock generators into interlock compensators. The same thing can be done with generators, the entrainment groups of which are under revision or repair. The utilisation of generators, in that last instance, was for a long time a limited one owing to ignition difficulties

Energetica 8 (1960) no. 2, p. 63—66

Margareta-Doina Szabados : **Iron and copper corrosions at the equipment for thermal treatment of water .**

Energetica 8 (1960) no. 2, p. 67—69

Mihai Ilie : **Elements of protection against over-voltage, needed by the modelling base for the study of the behaviour of the power stations undergone to atmospheric over-voltages**

Energetica 8 (1960) no. 2, p. 69—75

D. Spiridon : **Methods to determine the surface hydroenergetic potential of the R.P.R.**

The article describes the methods which may be utilised in the given conditions of the R.P.R. for surface hydroenergetic potential evaluation as well as for a first national determination of the isopleths of the precipitation and discharge potential.

It also describes the methods applied for the research of surface potential of the Timiş-Bîrzava and Someş hydrographical basins which are apart of a work now in progress : the „Atlas of hydroenergetical resources of the R.P.R.". The author proposes also the study of other basins of the country. Finally he insists on the relative surface potential (as referred to a given guiding mark) and he deduces the formulas which permit to calculate the absolute potential (as referred to the sea level).

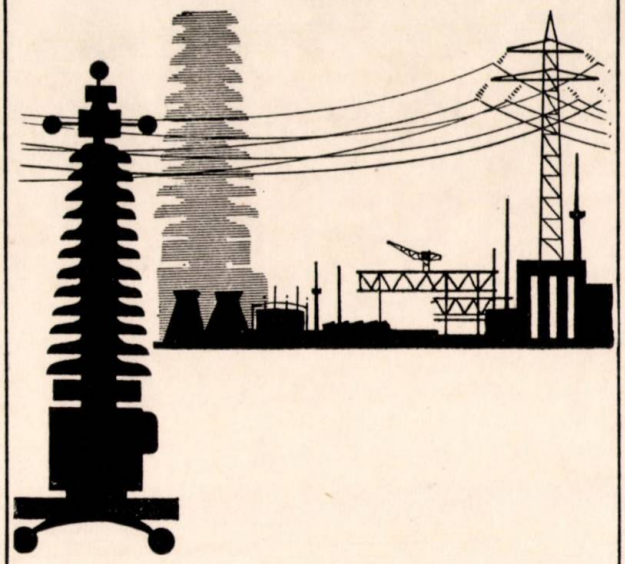
Energetica 8 (1960) no. 2, p. 76—84

NEWS FROM THE ENTERPRISES — CHRONICLE — FROM ASIT ACTIVITY — DOCUMENTATION — BOOKS REVIEW.

BIBLIOTECA CENTRALĂ 1961

RECOMANDĂRI PENTRU AUTORI

1. *Lucrările ce pot fi prezentate spre publicare sînt: de importanță generală, tehnico-științifice speciale, teoretice sau experimentale și tehnice obișnuite.*
2. *Legătura cu practica muncii de cercetare, proiectare, învățămînt, producție, este condiția esențială pe care trebuie să o îndeplinească tema tratată. Lucrările de sinteză sau de discuție trebuie să se refere la probleme noi și actuale, de interes general. Articolele interesînd industria vor cuprinde considerații privind eficiența economică a soluțiilor. Se recomandă ca articolele să posede propuneri de viitor.*
3. *Verificarea experimentală se impune ca necesitate de prim ordin la lucrările care se pretează la asemenea verificări.*
4. *Lucrările care au mai fost publicate integral sau parțial nu pot fi trimise redacției spre publicare.*
5. *Un scurt rezumat fixînd premizele de la care s-a pornit problema studiată și cadrul în care este tratată, nedepășind 4—5 rînduri, se va anexa lucrării.*
6. *In introducere se încadrează problema în preocupările generale ale disciplinei și în preocupările producției; de asemenea se arată scopul lucrării, subliniindu-se expres contribuția autorului. Tratarea va trebui să fie unitară, permițînd inteligibilitatea fără dificultăți a problemelor. Se vor evita introduceri sau demonstrații voluminoase; de asemenea se va evita repetarea în text a ceea ce poate fi găsit în literatura publicată, sau poate fi redat intuitiv prin materialul grafic-ilustrativ, tabele etc.*
7. *Concluziile vor concentra rezultatele obținute cu indicarea limitei de valabilitate și aplicațiile posibile.*
8. *Citarea literaturii de specialitate este obligatorie pentru afirmațiile luate din alte lucrări și care nu sînt în general cunoscute.*
9. *Dezvoltările matematice vor fi limitate la cele absolut necesare înțelegerii raționamentului.*
10. *Se recomandă o atenție desebită scrierii formulelor conform STAS. Indicii și exponenții se vor scrie mai mici decît baza și așezați mai jos sau mai sus decît baza. Se vor scrie, de asemenea, cu grijă literile majuscule, minuscule sau cele rusești, romane, grecești, germane etc.*
11. *Lista bibliografică se va întocmi cuprinzînd lucrările la care se referă textul (cît și figuri sau tabele) speciale cît și cele generale. Se vor indica toate datele în transcripții originale. Pentru cărți: numele complet, pronumele prescurtat, titlul complet (eventual și tradus în paranteză), ediția, editorul, locul editării, anul. Pentru articole: numele complet, pronumele prescurtat, titlul complet original (eventual și tradus în paranteză), revista, tomul, anul, numărul, paginile.*
12. *Scrisul la mașină al articolelor este recomandat cu insistență exceptîndu-se lucrările scrise caligrafic. Se scrie pe o singură pagină la două rînduri (2 000 semne de pagină). Se recomandă 10—12 pagini dactilografiate.*
13. *Nu se admite trimiterea concomitent a textului la alte publicații.*
14. *Articolele se trimit cu o notă însoțitoare pe adresa redacției. In notă se vor indica: titluri, funcțiuni, localitatea și adresa domiciliului, număr de telefon.*
15. *Lucrările executate în cadrul diverselor instituții sau organizații vor purta aprobarea acestora de publicare.*
16. *Corecturile se vor face după normele tipografice în vigoare. Corecturile trimise autorilor vor fi înapoiate în maximum 48 de ore de la primire. Nu se admit modificări în corectură față de manuscris..*



Tîrgul industrial de mostre german

HANOVRA

TOATE DOMENIILE DE PRODUCERE ȘI DE TRANSFORMARE A ELECTRICITĂȚII, DE DISTRIBUȚIE DE CURENT ȘI DE APLICARE A ENERGIEI ELECTRICE INCLUSIV ELECTRONICA

24 APRILIE — 3 MAI 1960

E 2039

REFERALVA

ENERGETICA

R

3

Energetica — Vol. 8 — martie nr. 3/1960 — p. 97-144 — Bucureşti

1960

Recomandări privind întocmirea articolelor tehnico-ştiinţifice

1. FONDUL ARTICOLELOR

1.1. **Lucrări** ce pot fi prezentate spre publicare sînt :

1.1.1. *de importanţă generală* (principii noi, dispoziţii noi, rezultate experimentale originale, studii teoretice inedite, ale unor fenomene fizice şi procese tehnice cu caracter general) ;

1.1.2. *tehnico-ştiinţifice speciale, teoretice sau experimentale,* avînd contribuţii originale dar referindu-se la un domeniu de specialitate restrîns (extinderea valabilităţii unor dispoziţii, aplicarea unor teorii sau metode cunoscute la o problemă nouă, rezultate experimentale inedite sau de control) ;

1.1.3. *tehnice obişnuite* (expunerea studiului unor probleme tehnico-ştiinţifice, discuţii şi critici ale unor rezultate cunoscute etc.).

1.2. **Legătura cu practica** muncii de cercetare, proiectare, învăţămînt, producţie, este condiţia esenţială pe care trebuie să o îndeplinească tema tratată. Lucrările de sinteză sau de discuţie trebuie să se refere la probleme noi şi actuale, de interes general. Articolele interesînd industria vor cuprinde consideraţii privind eficienţa economică a soluţiilor. Se recomandă ca articolele să posede propuneri de viitor.

1.3. **Verificarea experimentală** se impune ca necesitate de prim ordin la lucrările care se pretează la asemenea verificări.

1.4. **Lucrări** care au mai fost publicate integral sau parţial, nu pot fi trimise redacţiei spre publicare.

2. FORMA ARTICOLELOR

2.1. **Organizarea** lucrării

2.1.1. *Titlul* va reprezenta în minimum de cuvinte, obiectul lucrării.

2.1.2. *Numele* autorului va fi precedat de prenume.

2.1.3. *Un scurt rezumat* fixînd premizele de la care s-a pornit, problema studiată şi cadrul în care este tratată, nedepăşind 6—8 rînduri, se va anexa lucrării.

2.1.4. *Împărţirea* pe capitole se va face cu cîteva subtitluri potrivit alese, în număr strict necesar pentru o expunere clară a ideilor şi înlesnirea orientării.

2.1.5. *Textul.* În introducere, se încadrează problema în preocupările generale ale disciplinei şi în preocupările producţiei ; de asemenea se arată scopul lucrării, subliniindu-se expres contribuţia autorului. Tratarea va trebui să fie unitară permiţînd inteligibilitatea fără dificultăţi a problemelor. Se vor evita introduceri sau demonstraţii voluminoase, de asemenea se va evita repetarea în text a ceea ce poate fi găsit în literatura publicată sau poate fi redat intuitiv prin materialul grafic-ilustrativ, tabele etc.

2.1.6. *Concluziile* vor concentra rezultatele obţinute, cu indicarea limitei de valabilitate şi aplicaţiile posibile.

2.1.7. *Anexele* pot cuprinde demonstraţii originale sau absolut necesare înţelegerii formulelor din text ; de asemenea, în anexe se pot da exemple de calcul în cazul articolelor care necesită asemenea exemple.

2.1.8. *Citarea literaturii de specialitate.* Afirmaţiile luate din alte lucrări şi care nu sînt general cunoscute vor fi referite la lista bibliografică de la sfîrşitul lucrării. Referirea se face indicîndu-se poziţia lucrării în lista bibliografică, în paranteze drepte.

2.2. **Prezentarea** lucrării

2.2.1. *Nivelul* articolelor va fi înalt.

2.2.2. *Stilul.* Redactarea va fi clară şi concisă. Ortografia va fi în concordanţă cu regulile Academiei R.P.R. Nu se admit prescurtări cu excepţia celor unanim cunoscute.

(Continuare pe coperta III)

ENERGETICA

Vol. 8 Nr. 3 MARTIE 1960

CUPRINS

CZ (063) ASIT
Şedinţa lărgită a Consiliului Central ASIT Unele concluzii privind activitatea ASIT
Energetica *8* (1960) nr. 3, p. 97–98

CZ. 620.0.001.1
Saphier I. I.: **Metode sintetice de stabilire a necesarului de energie în perspectivă.**
Se prezintă metodele care predetermină nevoile viitoare de energie ale unei regiuni sau ţări sub formă sintetică, printr-o expresie matematică funcţie de timp sau de anumiţi factori de corelare. Autorul conchide că în economia planificată sînt aplicabile metodele sintetice care ţin seamă şi de factori de corelare, nu numai de timp. Se recomandă metoda coeficientului de elasticitate.
Energetica 8 (1960) nr. 3, p. 99–102

CZ 621.165 : 534.1.004.64
Brebenel D. S: **Cîteva aspecte privind problema vibraţiilor la paletele turbinelor cu abur.**
Se descrie problema avarierii turbinelor cu abur prin ruperea paletelor şi metodele de măsurare a vibraţiilor acestor palete. Se descrie procesul fizic al vibraţiilor la palete şi încercările experimentale care permit ridicarea caracteristicilor de vibraţii. În concluzie se arată căile de îmbunătăţire a acestor caracteristici.
Energetica *8* (1960) nr. 3, p. 103–114

CZ 621.165 : 534.63.002
Varadi Gh. şi Vlădeanu V.: **Un aparat electronic pentru determinarea frecvenţei de rezonanţă a paletelor de turbine prin metoda rezonanţei forţate.**
Se descrie aparatul electronic „Turbotest" construit la întreprinderea IRME pentru măsurarea frecvenţei proprii de oscilaţie a paletelor de turbine cu metoda descrisă în articolul precedent. Se dau indicaţii constructive şi caracteristicile de funcţionare şi exploatare a aparatului.
Energetica *8* (1960) nr. 3, p. 114–117

CZ 621.165 : 621–755.004
Schlotter F. şi Stoianovici N.: **Echilibrarea statică şi dinamică a rotoarelor de turbine şi de generatoare în C. T. E. Grozăveşti.**
Autorii tratează metodele de echilibrare statică şi dinamică a rotoarelor de turbine şi generatoare care se folosesc în centrala termoelectrică Grozăveşti. Se descrie fenomenul şi se indică în mod practic operaţiile necesare.
Energetica *8* (1960) nr. 3, p. 118–121

CZ 621.314.222 : 621.3.048.004
Săndulescu S., Simian E., Mumjinschi E., Minzărescu E.: **Metode de control al izolaţiei transformatoarelor în exploatare.**
Autorii prezintă constatările lor personale făcute în experienţa de exploatare de cîţiva ani a transformatoarelor mari din fostul Energotrust nr. 1 al Direcţiei Gen. a Energiei Electrice. Se arată parametrii a căror variaţie se urmăreşte în exploatare, se descriu curbele rezultate pentru diferite categorii de transformare şi se degajă unele concluzii şi propuneri de viitor.
Energetica *8* (1960) nr. 3, p. 122–132

ENERGETICA PESTE HOTARE

CZ 621.315.051/027.8 (43)
Rottman A.: **Sistemul de 380 kV proiectat pentru R.D.G.**
Energetica *8* (1960) nr. 3, p. 132–136

NOTE • RECENZII • DE LA COMITETUL NAŢIONAL AL C.I.G.R.E. • CRONICA

COMITETUL DE REDACȚIE

Prof ing. **I. D. STANCESCU**, redactor responsabil, conf. ing. **C. MIHAILEANU**, redactor responsabil adjunct, conf. ing. **I. A. BADEA**, prof. ing. **M. BERCOVICI**, membru corespondent al Academiei R.P.R., laureat al Premiului de Stat, ing. **M. COGALNICEANU**, conf. ing. **E. CONSTANTINESCU**, ing. **P. DIMO**, laureat al Premiului de Stat, prof. ing. **C. DINCULESCU**, membru corespondent al Academiei R.P.R., ing. **I. V. HERESCU**, conf. ing. **N. MOLDOVEANU**, prof. ing. **C. PENESCU**, ing. **T. POPA**, ing. **S. SĂNDULESCU** și ing. **P. VICOL**

Revista „**ENERGETICA**", organ al Asociației Științifice a Inginerilor și Tehnicienilor din R.P.R. și al Ministerului Industriei Grele. Redacția : București, Str. Ion Ghica Nr. 3, Raion Tudor Vladimirescu, Telefon 16.78.78 — Administrația și Casieria : București, Calea Victoriei, Nr. 118, Raion I. V. Stalin, Telefon 14.06.24 — Revista este editată de A. S. I. T. — Abonamentele se primesc la administrația revistei, la sediul filialelor A. S. I. T. din întreaga țară și prin responsabilii cu presa din cercurile A.S.I.T. — Instituțiile pot achita abonamentele pentru biblioteci și cabinetele tehnice în contul nostru de virament : Publicațiile Tehnice A.S.I.T. 070124 B.R.P.R. Filiala I. V. Stalin — București — Tarif pentru întreprinderi : lei 100 anual. — Tarif pentru muncitori, tehnicieni și ingineri : lei 30 anual — Prețul unui exemplar : lei 5 — Tiparul : Întreprinderea Poligrafică Nr. 2, București.

ENERGETICA

ANUL VIII
1960
Nr. 3
MARTIE

ORGAN AL ASOCIAȚIEI ȘTIINȚIFICE A INGINERILOR ȘI TEHNICIENILOR DIN R. P. R. ȘI AL MINISTERULUI INDUSTRIEI GRELE

MŰSZAKI KÖNYVTÁR-ORSZ...

Ședința lărgită a Consiliului Central ASIT

Unele concluzii privind activitatea ASIT

În ziua de 30 ianuarie a avut loc ședința lărgită a Consiliului Central ASIT la care au luat parte membrii Consiliului Central, președinți ai filialelor și ai unor cercuri ASIT fruntașe, din Capitală și din țară, reprezentanți ai unor ministere, ai Consiliului Central al Sindicatelor și ai unor instituții și organizații centrale.

Ședința a fost prezidată de tov. prof. dr. ing. *Ștefan Bălan.*

După cuvîntul de deschidere al tov. ing. *Șt. Bălan* vice-președinte al ASIT, tov. ing. *O. Russu*, prim-secretar al Consiliului Central ASIT, a prezentat darea de seamă cu privire la activitatea depusă de Asociație în anul 1959 și planul de muncă pe anul 1960 *). Raportul de activitate a suscitat ample discuții, la care au luat parte numeroși participanți la ședință. Darea de seamă, ca și discuțiile purtate pe marginea ei, au evidențiat marele volum de muncă depus de cercurile, filialele și secțiile de specialitate ASIT pentru traducerea în viață a sarcinilor plenarelor C.C. al P.M.R. din noiembrie 1958 și iulie 1959, privind dezvoltarea rapidă a economiei țării și ridicarea nivelului de trai.

Lucrările ședinței Consiliului Central ASIT au scos din nou în evidență că sarcina centrală a Asociației este promovarea cu fermitate a tehnicii noi în producție. Numeroși vorbitori au subliniat faptul că organizațiile ASIT trebuie să dea cea mai mare atenție aplicării tehnologiilor noi, mecanizării și automatizării proceselor de producție.

Pentru informarea membrilor ASIT despre dezvoltarea tehnicii noi și aplicarea ei în producție, s-a apreciat ca foarte pozitivă organizarea de sesiuni tehnico-științifice în cercuri; dacă în anul 1959 au fost organizate peste 240 sesiuni tehnico-științifice, s-a cerut ca în anul 1960 fiecare cerc ASIT să organizeze cel puțin o sesiune tehnico-științifică, atrăgînd în organizarea ei oameni de știință, cercetători și specialiști din afara întreprinderilor care au preocupări legate de producție.

Atrăgînd în jurul lor un activ mai larg de ingineri și tehnicieni, colaborînd mai bine cu organele sindicale și îndrumate mai îndeaproape de organele de partid, cercurile și filialele au fost în măsură în anul 1959 să mobilizeze o masă mult mai mare de muncitori, ingineri și tehnicieni pentru aplicarea largă a tehnicii noi, valorificarea resurselor din întreprinderi și realizarea de economii.

Creșterea volumului activității a fost însoțită de o creștere calitativă a muncii ASIT, în sensul că nivelul ei tehnico-științific a sporit ca urmare a atragerii mai largi a cadrelor didactice și a specialiștilor din institutele de cercetări și învățămînt tehnic superior, orientarea ei a fost mult mai bine precizată.

*) Darea de seamă s-a publicat în gazeta „Tehnica Nouă" nr. 245.

Din discuții a reieșit că trebuie pus un accent deosebit pe extinderea micii mecanizări, în vederea creșterii productivității muncii și eliminării strangulării în producție.

La acțiunea de introducere a tehnicii noi în producție s-a cerut extinderea experienței pozitive a unor cercuri și filiale ASIT de creare a brigăzilor de colaborare dintre oamenii de știință și specialiștii din producție.

Conferințele pe ramură care urmează să aibă loc în cursul anului 1960 vor face de asemenea o analiză a nivelului de aplicare a tehnicii noi, stabilind măsuri pentru ridicarea tehnicității în ramurile respective.

O atenție sporită s-a acordat problemelor de proiectare și cercetare, domeniu în care s-au înregistrat progrese însemnate.

Participanții au subliniat că Asociației îi revine sarcina să-i ajute pe proiectanți de a fi înarmați cu cele mai noi realizări din țară și de peste hotare, să întocmească proiecte folosind soluții tehnice moderne și în același timp cu o bună eficiență economică; s-a cerut ca proiectanții să fie atrași într-o mai mare măsură în activitatea ASIT, cum ar fi în consfătuiri, dezbateri, schimburi de experiență etc.

O atenție deosebită se acordă în primul rînd proiectanților din uzine și de la institutele regionale de proiectări.

În privința cercetării s-a cerut să se dezvolte și să se extindă cercetarea în uzine și fabrici, strîns legată de nevoile curente ale producției și de necesitatea aplicării tehnologiilor noi în fabricație.

În ședința Consiliului s-a discutat pe larg și despre dezvoltarea mișcării de inovații în anul care a trecut. După datele Oficiului de Stat pentru Invenții creșterea numărului de propuneri de inovații și a cuantumului economiilor este de numai 5%. S-a arătat că, acolo unde cercurile ASIT nu se ocupă de inovatori într-o suficientă măsură (Combinatul Reșița, Uzina Mao-Tze Dun, Uzina Timpuri Noi și altele), mișcarea de inovații lîncezește. A rezultat că cercurile și filialele ASIT trebuie să se ocupe cu toată răspunderea de stimularea și sprijinirea mișcării de inovații ca pîrghie însemnată a progresului tehnic.

Problemele folosirii rezervelor interne din întreprinderi și reducerii prețului de cost au constituit o preocupare generală în Asociație. ASIT și-a adus contribuția la crearea unei opinii active de masă în rîndul muncitorilor, inginerilor și tehnicienilor în direcția folosirii complete a capacității lor de producție, a reducerii consumurilor specifice de materiale și combustibil și implicit a reducerii prețului de cost.

În colectivele formate pe secții, ateliere și întreprinderi, sau la nivelul regiunilor și raioanelor au activat și activează mii de membri ASIT trimiși de cercuri și filiale care studiază cu răspundere posibilitățile nefolosite pentru creșterea producției și productivității muncii și întocmesc propuneri judicioase pentru punerea lor în

valoare. A fost dată ca exemplu acțiunea largă care se desfășoară în producție, în aproape toate întreprinderile din regiunea Ploiești, pentru descoperirea rezervelor producției, acțiune dusă în comun de cercurile ASIT și comitetele sindicale sub îndrumarea Comitetului Regional de Partid.

In cuvîntul rostit în cadrul ședinței plenare a Consiliului Central, inginerul *C. Fotescu*, prim-secretar al Filialei Ploiești, a subliniat că rodul colaborării dintre filiala ASIT și Consiliul sindical al Regiunii Ploiești îl arată și creșterea continuă a volumului de economii personale ale fiecărui membru ASIT.

De asemenea, în ședință s-a cerut să se intensifice de către ASIT acțiunea de informare și documentare asupra tehnicii noi; în acest sens s-a cerut să se intensifice organizarea de cursuri tehnice la filiale și de cursuri de specializare pentru ingineri în București și alte centre, publicațiile ASIT să mărească numărul de articole și note documentare asupra experienței pozitive și tehnicii noi din țară și de peste hotare, pentru ca în acest fel valoarea tehnico-științifică a activității ASIT să se ridice la un nivel mai înalt. Tot în acest scop este indicată folosirea mai intensă a membrilor ASIT care participă la conferințe și congrese în străinătate, intensificarea schimbului de experiență, atît în țară, cît și cu alte țări etc. Participanții au mai sugerat Biroului Consiliului Central posibilitatea apariției unor reviste pentru ramuri noi ale tehnicii, ca de pildă: mase plastice, sudură, mecanizare și mică mecanizare și altele. De asemenea s-a cerut ca I.D.T. să creeze în centrele importante filiale I.D.T., care să colaboreze cu filialele ASIT.

Participanții la ședință au arătat necesitatea unei mai intense popularizări a noilor produse romînești, pentru a putea fi mai larg folosite.

Problema înființării Casei Inginerului și Tehnicianului în București, ca și în alte centre, a fost din nou ridicată de mai mulți dintre participanți, insistîndu-se asupra rolului ei important în dezvoltarea activității Asociației și a strîngerii legăturilor între membrii ASIT. In acest sens a suscitat interes expunerea făcută de tov. *V. Rosin*, prim-secretar al Filialei ASIT Constanța. care a arătat că la Constanța se va construi o Casă a Inginerului și Tehnicianului prin mijloace financiare proprii, respectiv prin contribuția fiecărui membru ASIT.

In legătură cu problemele organizatorice s-a remarcat faptul că membrii Biroului Consiliului Central ASIT s-au deplasat în anul 1959 mai mult la filiale, avînd în felul acesta posibilitatea să cunoască mai bine problemele ce preocupă pe ingineri și tehnicieni, să ia unele măsuri în sprijinul membrilor ASIT și să îndrumeze cercurile și filialele ASIT.

S-a cerut secțiilor de specialitate ale Consiliului Central să dea un sprijin mai concret secțiilor de la filiale, îndrumîndu-le mai bine în muncă și organizînd în colaborare mai multe consfătuiri și schimburi de experiență.

De asemenea, s-a ridicat problema cuprinderii în ASIT a cît mai mulți ingineri și tehnicieni, arătîndu-se că în prezent sînt membri ASIT numai o treime din numărul existent; de asemenea, s-a arătat necesitatea organizării de cercuri ASIT în institutele de învățămînt tehnic superior, îndeosebi în București, unde nu există, astfel încît cadrele didactice să fie atrase în activitatea ASIT.

A fost apreciată pozitiv întărirea colaborării dintre ASIT și sindicate, pe toate planurile, ca și pe plan central; secțiile de specialitate ale Consiliului Central ASIT și Comitetele centrale ale uniunilor sindicale pe ramuri și-au pus de acord planurile de muncă și au stabilit un număr de acțiuni care vor fi organizate în comun.

Ședința lărgită a Consiliului Central ASIT s-a preocupat de creșterea eficacității activității ASIT, cerînd ca concluziile și recomandările consfătuirilor să privească în principal pe membrii și organizațiile ASIT și să se urmărească sistematic modul cum filialele, secțiile și cercurile ASIT aplică aceste concluzii și recomandări.

Ședința a aprobat darea de seamă asupra activității pe anul 1959, raportul Comisiei de revizie și planul de muncă pe anul 1960.

Planul pe anul 1960 urmărește să sprijine și mai mult activitatea inginerilor și tehnicienilor pentru îndeplinirea sarcinilor plenarei C.C. al P.M.R. din 3—5 decembrie 1959, îndeosebi pe calea ridicării continue a nivelului tehnic al producției, a folosirii optime a capacităților de producție, a materialelor și energiei și a creșterii calificării muncitorilor, inginerilor și tehnicienilor.

După cum a arătat în concluziile trase la ședința lărgită a Consiliului Central ASIT tov. prof. dr. ing. *Ștefan Bălan*, condiția principală pentru înlăturarea lipsurilor care mai persistă în munca Asociației noastre este activizarea secțiilor, a filialelor și a cercurilor ASIT, mai ales în organizarea sesiunilor tehnico-științifice și a tratării în aceste sesiuni a problemelor legate de tehnica înaintată, de pregătirea superioară a cadrelor, de dezvoltarea și perfecționarea producției.

In continuare, tov. prof. *Ștefan Bălan* a accentuat necesitatea intensificării muncii de documentare tehnică, pentru a putea ține pas cu ritmul extraordinar de dezvoltare a tehnicii. Nu poate să introducă tehnica nouă un om care nu are cultură generală tehnică foarte solidă și nu are cunoștințe de specialitate foarte înalte. Legat de munca de documentare și de ridicare a nivelului științific al inginerilor, a subliniat tov. prof. Bălan, se pune și problema creșterii nivelului publicațiilor ASIT, care trebuie să ajungă în rîndul celor mai bune publicații tehnice.

Subliniind necesitatea creșterii rîndurilor Asociației noastre, tov. *Ștefan Bălan* a vorbit despre mîndria de a fi inginer și totodată membru al ASIT, activist al ASIT, și încă un activist de frunte.

Tot în concluzii s-a arătat că inginerii și tehnicienii trebuie să găsească formele cele mai adecvate pentru ca în cinstea Congresului Partidului să obțină rezultate cît mai bune în munca lor, pentru a dovedi astfel partidului și guvernului că se străduiesc cu devotament să contribuie într-o tot mai mare măsură la construirea socialismului în patria noastră.

Membrii ASIT, în marea lor majoritate, muncesc cu devotament pentru a realiza în cele mai bune condiții sarcinile ce le revin. Lucrările Plenarei Consiliului Central ASIT au constituit o nouă confirmare a atașamentului inginerilor și tehnicienilor față de Asociație, a hotărîrii lor ferme ca, sub conducerea înțeleaptă a partidului, să lupte neobosit pentru dezvoltarea economică a țării și pentru ridicarea bunăstării poporului.

Metode sintetice de stabilire a necesarului de energie în perspectivă

Ing. *IGNAT I. SAPHIER*

Construirea socialismului are loc prin crearea bazei materiale corespunzătoare, ca urmare a proprietății sociale asupra mijloacelor de producție și a dezvoltării planice proporționale a economiei naționale, în scopul satisfacerii în măsură mereu crescîndă a nevoilor materiale și culturale ale oamenilor muncii. Acest lucru implică elaborarea unor planuri de dezvoltare economică, atît operative (anuale) cît și în special de perspectivă, cincinale sau de mai lungă durată, prin acestea din urmă stabilindu-se orientarea dezvoltării economiei.

În cadrul lucrărilor de planificare de perspectivă se ridică problema întocmirii balanțelor materiale, respectiv stabilirea pe economie și în perspectivă a necesarului pentru diferitele produse și prestații. Dacă pentru unele produse pentru care domeniul de folosire este relativ restrîns (cocsul metalurgic, îngrășămintele, tractoarele agricole etc.), stabilirea necesarului în perspectivă nu pune probleme prea grele, pentru alte produse, care se consumă în multiple ramuri ale economiei naționale, stabilirea necesarului devine mult mai complicată. În acest din urmă caz, necesarul este o sumă de foarte mulți termeni, fiecare reprezentînd produsul dintre valoarea ce o ia în perspectivă consumul specific și cantitatea producției sau prestației consumatoare a produsului respectiv. Aceasta este așa-numita metodă analitică de stabilire a necesarului pentru un produs oarecare, fiind metoda cea mai exactă, cu condiția de a cunoaște multitudinea de perechi de factori mai sus-amintiți.

Într-o primă etapă de elaborare a planului de perspectivă cînd nivelele de dezvoltare ale diferitelor ramuri nu sînt încă destul de precis conturate, pentru a începe munca de aproximări succesive pe baza cărora se ajunge la coordonarea planului în ansamblul său, este necesar să se aprecieze un anumit nivel de atins în perspectivă pentru principalele produse ale economiei naționale, nivel care de data aceasta nu poate fi stabilit analitic. Rezultă de aici necesitatea aplicării unor metode sintetice, mai puțin exacte, însă necesare — în lipsa altor posibilități — în această etapă de planificare.

Energia (de toate formele) este poate singurul produs care se consumă fără excepție în toate ramurile economiei naționale, fără consum de energie, neputîndu-se concepe nici o activitate în orice domeniu. Din această cauză s-ar putea crede că stabilirea necesarului de energie în perspectivă devine mult mai grea. Totuși, tocmai folosirea universală a energiei face ca evoluția în perspectivă a necesarului de energie — primară sau electrică — pe economie să beneficieze de avantajele legii numerilor mari și ca atare să prezinte o corelare destul de strînsă cu unii factori (indici) mai generali, sintetici, care influențează indirect evoluția consumului de energie. Această corelare care se constată este cu atît mai strînsă cu cît pe de o parte se alege adecuat indicile cu care se corelează, iar pe de altă parte cu cît necesarul de energie se referă la un consum epurat de acele consumuri care pot duce la unele abateri de la tendința normală de evoluție a consumului, așa cum se va arăta mai jos.

★

Metodele sintetice de determinare a necesarului de energie în perspectivă, folosite, studiate sau propuse, sînt multiple, toate însă au la bază o relație matematică acceptată, relație care ține seama fie numai de timp, fie de evoluția necesarului de energie în corelare cu unul sau mai mulți factori adecuat aleși. Factorii care influențează consumul de energie sînt multipli și de multe ori interdependența lor este destul de complexă, ceea ce ar da greutăți de neînvins pentru acela care ar voi să țină seama de toate influențele posibile. Din această cauză s-a căutat să se desprindă acei factori care influențează consumul de energie în principal și s-a constatat că aceștia pot fi clasați în trei categorii și anume : factori de ordin economic, demografic și tehnic.

Dintre factorii de ordin economic, se citează venitul național, valoarea producției globale industriale, venitul social, productivitatea muncii, nivelul de trai al populației etc. Cu cît aceștia vor lua valori mai ridicate, cu atît și consumul de energie va fi mai mare. Totuși nu se poate spune că în toate cazurile (în orice țară sau perioadă) corelarea cu acești factori este reprezentată de o relație universală. Sistemul economic, structura industriei sau climatul pot da abateri destul de mari într-un sens sau altul.

Factorul demografic, respectiv numărul locuitorilor și creșterea populației, influențează consumul de energie atît direct prin consumul individual (casnic), al gospodăriei comunale și al deservirilor sociale și culturale, cît și indirect prin necesitatea de a spori producția industrială și agricolă, construcțiile și transporturile, chiar pentru a menține constant nivelul de trai concomitent cu creșterea populației. Cum într-o economie socialistă nivelul de trai este în continuă și accentuată creștere, această influență indirectă a factorului demografic este mai mare decît într-o economie capitalistă.

Factorii de ordin tehnic se referă la randamentul cu care este folosită energia. Economia are nevoie de o anumită cantitate de energie

utilă, cantitate ce este influențată de primele două categorii de factori de mai sus. Cu cît această energie va fi obținută cu un randament mai mare, cu atît pentru o aceeași cantitate de energie utilă va fi necesară o cantitate mai mică de energie primară. Aceasta se referă la randamentul de transformare. Mai trebuie însă ținut seama și de randamentul de folosire, de randamentul energetic al proceselor tehnologice consumatoare de energie utilă. O aceeași producție sau prestație, realizată cu procese tehnologice diferite, poate cere cantități diferite de energie utilă.

Toți acești factori, din diferitele categorii citate mai sus, evoluează în timp, și prin intermediul lor s-ar putea ajunge la stabilirea evoluției necesarului de energie. Aceasta însă numai în teorie. Practic însă este foarte greu, dacă nu chiar imposibil, să se stabilească o formulă matematică care să țină seama de toată complexitatea problemei. Din acest motiv, metodele folosite caută ca printr-o expresie matematică să prindă corelația dintre unul sau doi din factorii care influențează consumul de energie, alegînd dintre acești factori aceia care — pentru cazul considerat — prezintă corelația cea mai strînsă, folosind sau nu un termen de corecție care ține seama și de influența celorlalți factori.

Pentru oricine folosește asemenea formule pentru a stabili prin extrapolare necesarul de energie în perspectivă trebuie însă precizat că este necesar să fie tot timpul conștient de gradul de incertitudine, de probabilitate, legat de asemenea metode. Simplul fapt că din analiza statistică se constată o concordanță între două fenomene, nu demonstrează în același timp că există și o dependență cauzală unică și directă între ele. Această dependență ar trebui mai întîi demonstrată, demonstrație care odată făcută face însă ca relația respectivă să piardă automat caracterul ei stohastic devenind funcțională, ceea ce ar fi bine, dar — după cunoștința autorului — la acest lucru nu s-a ajuns încă și este greu să se conceapă că s-ar putea ajunge. De asemenea mai trebuie avut în vedere că ipotezele primare acceptate pot deveni depășite ca urmare a unor evenimente tehnice, economice sau sociale neprevăzute.

★

Metodele sintetice folosite la stabilirea necesarului de energie în perspectivă, cu toată diversitatea lor, se pot împărți în două mari categorii și anume:

a) metode care folosesc *creșteri medii anuale — constante* sau *variabile în timp — independent de conjunctura consumului de energie*;

b) metode care folosesc *relații de corelare cu factorii* (indicii sintetici) *care influențează consumul de energie.*

Metodele din categoria *a*) de mai sus — întîlnite des în literatura apuseană de specialitate — stabilesc diverse relații de extrapolare, în principal de tipul:

$$W_t = W_0 \left(1 + \frac{w}{100}\right)^{(t-t_0)} \qquad (1)$$

sau:

$$W_t = a \left(\frac{t-t_0}{b}\right)^{\alpha} \qquad (2)$$

unde:

W_t este cantitatea de energie primară sau de energie electrică necesară în anul t pentru care se face extrapolarea,

W_0 — cantitatea de energie primară sau de energie electrică necesară pentru anul de bază considerat,

w — creșterea medie anuală (în %) a necesarului de energie t respectiv t_0 = anul pentru care se face extrapolarea, respectiv anul de bază (arbitrar ales),

a, b și α — constante.

Aceste relații nu țin seama direct de factorii care influențează consumul de energie.

Astfel relația (1) consideră constantă creșterea medie anuală atît în trecut cît și în viitor. Este clar că o asemenea relație nu poate da decît un rezultat foarte aproximativ, acceptabil poate pentru unele țări capitaliste a căror economie bate pasul pe loc.

În relația (2) creșterea anuală a necesarului de energie este variabilă în timp, variație care însă nu depinde decît de timp. Totuși această variație în timp poate într-o oarecare măsură ține indirect seama de influența factorilor sintetici amintiți, cu condiția ca variația în timp a acestora, în perioada în care se extrapolează, să perpetueze variația lor în timp din perioada de bază. Acest lucru este valabil numai pentru o economie capitalistă, și aceasta numai pe perioade suficient de lungi pentru a exclude influențele crizelor inerente dezvoltării ciclice a economiei capitaliste.

Cealaltă categorie *b* cuprinde metodele care folosesc relații de corelare cu factorii ce influențează consumul de energie existînd o destul de mare varietate de expresii, toate însă putînd fi categorisite în trei mari clase și anume:

1) relații de forma:

$$W_t = k\, b^{\beta (t-t_0)} \sum_{i=0}^{i=n} a_i\, x^i \qquad (3)$$

sau

$$W_t = k\, b^{\beta (t-t_0)}\, X^{\alpha} \qquad (4)$$

unde:

K este constanta de adaptare,

a_i, b, β și α — constante,

X — valoarea absolută, relativă sau creşterea factorului cu care se corelează necesarul de energie;

2) relaţii în care legătura dintre necesarul de energie şi indicele cu care se corelează se face prin intermediul coeficientului de elasticitate*;

3) relaţii prin care necesarul de energie se corelează cu doi factori simultan, ca de pildă o relaţie folosită în S.U.A. pentru energia electrică:

$$W = (a\, I M^{-b})^{\frac{1}{\alpha}} \qquad (5)$$

unde:

i este indicele producţiei industriale,
M — forţa de muncă în om-ore,
a, b şi α — constante;

sau o altă relaţie folosită în R. P. Ungară şi Olanda:

$$W = k\, I^{\alpha}\, M^{1-\alpha} = k\, I p^{\alpha-1} \qquad (6)$$

unde:

I este valoarea producţiei globale industriale,
M — forţa de muncă (om-ore),
$p = \frac{M}{I}$ — productivitatea muncii,
k — constanta de adaptare,
α — constantă.

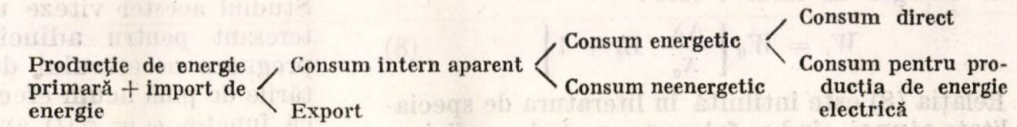
În cazul relaţiei (6) s-a constatat că pentru energia electrică valoarea constantei este mai mare decît 1 pentru ţările industrializate (pentru U.R.S.S., Olanda, S.U.A., $\alpha \approx 3$) şi este mai mică decît 1 pentru ţările mai puţin dezvoltate industrial. Ar fi interesant de încercat aplicarea acestei formule — care de altfel se pretează şi pentru stabilirea necesarului de energie primară — în cazul unei economii în care se desăvîrşeşte procesul de industrializare, considerîndu-se în acest caz exponentul α ca o funcţie de timp.

★

Aşa cum s-a mai arătat, metodele care nu folosesc corelaţia cu unul din factorii ce influenţează consumul de energie nu sînt aplicabile în cazul unei economii socialiste. Ca atare, pentru cazul concret din R.P.R. s-au aplicat metode din categoria *b*) de mai sus. Astfel autorul prezentului articol a folosit atît relaţii de forma 3) — factorul cu care s-a făcut corelarea fiind producţia globală industrială — cît şi metoda coeficientului de elasticitate [2]. Într-un studiu efectuat în cadrul Institutului de energetică al Academiei R.P.R. [3] s-au aplicat relaţii de formele (3) şi (4) folosindu-se corelarea pe rînd cu producţia globală industrială, productivitatea muncii, venitul naţional şi produsul social.

Dacă se consideră producţia totală de energie primară sau electrică, corelarea acceptată poate fi deformată de consumuri independente de factorii cu care se corelează. Asemenea consumuri ar fi de pildă exportul de energie sau folosirea energiei primare în alte scopuri neenergetice* (chimizare, producţie de uleiuri, bitum, parafină etc.)

De asemenea, în cazul energiei primare, tendinţele contrarii ale cererilor de energie primară pentru consumul direct şi ale celor pentru producerea de energie electrică** pot deforma rezultatele dacă consumul energetic de energie primară este considerat în totalitatea lui. Din aceste motive este recomandabil să se efectueze calculele pentru consumul energetic direct la care să se adauge apoi consumul de energie primară pentru producţia de energie electrică şi celelalte consumuri energetice. Pentru clarificare se arată mai jos schema de defalcare a consumurilor de energie primară:



Relaţiile de forma (3) sau (4) dau rezultate acceptabile dacă extrapolarea nu se extinde pe o perioadă mai mare de 5—7 ani. Autorul nu a analizat limita acceptabilă de extrapolare pentru relaţiile (5) şi (6). În schimb folosirea coeficientului de elasticitate dă — după părerea autorului — rezultatele cele mai bune în cazurile în care extrapolarea se face pe un număr mai mare de ani.

Deoarece metodele folosind coeficientul de elasticitate sînt pe de o parte puţin expuse în literatură, cu toate că sînt destul de frecvent folosite, iar pe de altă parte autorul acestui articol a adus unele contribuţii originale în dezvoltarea acestor metode, în cele ce urmează se vor analiza mai adînc metodele de stabilire în perspectivă a necesarului de energie, folosind coeficientul de elasticitate al cererii de energie

* Coeficientul de elasticitate reprezintă creşterea cererii de energie atunci cînd factorul cu care se corelează cererea de energie creşte cu o unitate (1%).

* Pentru economie, exportul de energie reprezintă un consum neenergetic indiferent dacă în ţara în care se exportă energia este consumată în scopuri energetice.

** Vezi *I. Saphier — Introducere în economia energetică* Editura pentru literatură economică şi juridică — Bucureşti — 1955, p. 289—291

față de un indice sintetic al economiei naționale.

★

Coeficientul de elasticitate al cererii de energie (primară sau electrică) față de unul din factorii (indicii) care influențează această cerere, reprezintă creșterea necesarului de energie corespunzătoare creșterii cu o unitate a factorului cu care se corelează cererea de energie. Matematic acest lucru se exprimă astfel :

$$E_t = \frac{\frac{W_t - W_0}{W_0}}{\frac{X_t - X_0}{X_0}} = \frac{\frac{\Delta W}{W}}{\frac{\Delta X}{X}} \qquad (7)$$

Datorită evoluției economiei naționale, valoarea coeficientului de elasticitate nu este constantă în timp, iar pentru determinarea necesarului de energie în perspectivă este necesară aprecierea evoluției în timp a valorilor succesive pe care le ia coeficientul de elasticitate. Acest lucru se face plecînd de la analiza statistică a unei perioade trecute.

În general, această metodă de stabilire a necesarului de energie în perspectivă este aplicată calculîndu-se coeficientul de elasticitate față de creșterile intervenite pe o anumită perioadă (cîțiva ani), în care caz, necesarul de energie în anul t este :

$$W_t = W_0 \left[\frac{\Delta X}{X_0} E_t + 1 \right] \qquad (8)$$

Relația (8) este întîlnită în literatura de specialitate atunci cînd se folosește metoda coeficientului de elasticitate.

Așa cum s-a arătat anterior, coeficientul de elasticitate (7) se poate scrie

$$\lim_{\substack{\Delta W \to 0 \\ \Delta X \to 0}} E_t = \varepsilon = \frac{\frac{dW}{W}}{\frac{dX}{X}} = \frac{d \ln W}{d \ln X} = f(t) \qquad (9)$$

Practic această funcție nu este reprezentată printr-o curbă netedă, totuși, aplicînd anumite metode arătate mai jos, ea poate fi adusă destul de aproape de o curbă continuă, cu ale cărei ecuații poate fi asimilată funcția ce exprimă variația în timp a coeficientului de elasticitate.

Din analiza datelor statistice pentru o serie de țări, rezultă că funcția $\varepsilon = f(t)$ este :

a) descrescătoare în cazul energiei primare, pentru țări mai industrializate luînd valori subunitare ;

b) crescătoare în cazul energiei electrice, pentru țări mai industrializate luînd valori supraunitare.

Aceste caracteristici apar cu atît mai evident, cu cît consumul de energie (primară sau electrică) este epurat de acele consumuri care deformează legătura cu factorul cu care se corelează. Din acest motiv, se recomandă să se analizeze pentru energia primară consumul intern direct de energie primară — deci epurat de export și de celelalte consumuri neenergetice — și consumul intern de energie electrică.

Evoluția în timp, atît a necesarului de energie cît și a indicilor sintetici ai economiei naționale, poate fi exprimată matematic printr-o funcție exponențială obținîndu-se abateri destul de mici față de realitate. În consecință, eliminîndu-se timpul, se poate exprima în primă aproximație ln W ca o funcție lineară de ln$X$

$$\ln W = a + b \ln X \qquad (10)$$

Coeficientul unghiular al acestei drepte este tocmai coeficientul de elasticitate ε, care pentru un timp dat ia o valoare determinată.

Ținînd seama de tendințele ce le are coeficientul de elasticitate, se poate spune că în timp, pentru o anumită țară, dreapta (10) se rotește într-un sens sau altul, după cum se consideră necesarul de energie primară sau electrică. Ritmul de dezvoltare a economiei naționale va determina viteza unghiulară a acestei rotiri. Această viteză se poate exprima prin relația :

$$\omega = \frac{d \operatorname{arc\,tg} \varepsilon}{dt} = \frac{1}{1 + \varepsilon^2} \times \frac{d\varepsilon}{dt} = \varphi(t) \qquad (11)$$

Studiul acestei viteze unghiulare apare ca interesant pentru adîncirea problemei privind prognoza necesarului de energie. După cercetările de pînă acum efectuate de autor, se pare că funcția $\omega = \varphi(t)$ are o formă în „S" succesive, porțiunile învecinate punctelor de inflexiune corespunzînd în principal perioadelor corespunzătoare unor revoluții tehnice.

★

Dacă se consideră valorile anuale succesive ale coeficientului de elasticitate, atunci necesarul de energie în anul t este :

$$W_t = W_0 \prod_{i=t_0}^{i=t} \left[\varepsilon_i \left(\frac{X_1}{X_{i-1}} - 1 \right) + 1 \right] \qquad (12)$$

Această relație prezintă dificultăți în aplicare, datorită variației an de an a coeficientului de elasticitate cît și a indicelui cu care se corelează.

Așa cum s-a arătat, valoarea coeficientului de elasticitate oscilează de la an la an, prezentînd totuși tendințele amintite mai sus. Aceste tendințe se stabilesc cu mult mai mare precizie dacă se consideră media glisantă pentru un număr mai mare de ani (n) anihilîndu-se astfel oscilațiile provocate de o serie de factori colaterali. Media glisantă a coeficientului de elasticitate este dată de relația :

$$\varepsilon_t^{(n)} = \left[\left(\frac{W_t}{W_{t-n}} \right)^{1/n} - 1 \right] \left[\left(\frac{X_t}{X_{t-n}} \right)^{1/n} - 1 \right]^{-1} \qquad (13)$$

unde n este numărul de ani pentru care se consideră media glisantă (de pildă $n = 5$). Expresiile din parantezele mari reprezintă mediile glisante pentru un același număr de ani, ale creșterilor necesarului de energie respectiv ale indicelui cu care se corelează. Grafic, punctele reprezentative ale coeficientului de elasticitate (medie glisantă) se înșiră — pentru o perioadă cunoscută (trecută) — foarte aproape de o curbă continuă, care, de data aceasta se poate exprima — cu abateri foarte mici — printr-o relație matematică și astfel se poate trece la extrapolare. Necesarul de energie se exprimă în acest caz cu relația :

$$W_t = W_0 \prod_{i=t_0}^{i=t-n} \left(\varepsilon_{n+1}^{(n)} \left[\left(\frac{X_{n+1}}{X_i} \right)^{\frac{1}{n}} - 1 \right] + 1 \right)^n \qquad (14)$$

Pentru extrapolări care se extind pe perioade relativ scurte (5—7 ani) relația (14) se poate aplica cu succes, deoarece în acest caz planificarea făcîndu-se mai în detaliu, se pot cunoaște valorile succesive — an de an — pe care le ia media glisantă a creșterii indicelui cu care se corelează. Dacă extrapolarea se face pe un număr mai mare de ani, folosirea relației (14) devine greoaie atît din cauza numărului mare de factori ai produsului Π, cît și din cauză că nu se dispune — decît prin metode de extrapolare — de mediile glisante ale creșterilor indicelui cu care se corelează.

În planificarea de perspectivă lungă se consideră anumiți ani caracteristici intermediari (de pildă anii finali ai diferitelor cincinale) pentru care se cunoaște, se deduc sau se apreciază valorile relative ale indicilor sintetici ai economiei naționale. În acest caz în loc să se aplice valorile an de an, în relația (14) se aplică valorile din cinci în cinci ani, obținîndu-se relația (15) de mai jos

$$W_t = W_{t0+5t} = W_{t0} \prod_{i=1,\,2,\,3,\,\ldots} \left\{ \varepsilon_{t_0}^{(5)} + 5_i \left[\left(\frac{X_{t_0+5i}}{X_{t_0+5(i-1)}} \right)^{\frac{1}{5}} - 1 \right] + 1 \right\}^5 \qquad (15)$$

★

În concluzie rezultă următoarele :

— Metodele sintetice de determinare a necesarului de energie în perspectivă se pot aplica cu succes într-o economie planificată, ele fiind necesare într-o primă etapă de planificare, rezultatele urmînd a fi verificate și corectate în etapele ulterioare de planificare.

— Nu orice metodă este aplicabilă într-o economie socialistă.

— Metoda coeficientului de elasticitate dă rezultatele cele mai bune în cazul planificării de lungă perspectivă.

Bibliografie

[1] Serbinovski G. V. și Konstantinov B. A.: *Determinarea consumului de energie electrică pe o perioadă de perspectivă* — Elektricestvo 1957 nr. 1.

[2] Saphier I. și Boico V.: *Considerații asupra corelației dintre consumul de energie și producția industrială în R.P.R.* — Energetica 1957 nr. 6

[3] Bercovici M., Nagy C. și Manea S.: *Dezvoltarea producției și consumului de energie în R. P. R.*, Energetica 1959 nr. 5.

Cîteva aspecte privind problema vibrațiilor la paletele turbinelor cu abur

Ing. *D. S. BREBENEL*

1. Introducere

Din cercetările întreprinse de fabricile constructoare de turbine cu abur, s-a observat că, în exploatare, un însemnat număr de defecte au apărut datorită paletelor.

O cauză principală care a stat la baza acestor defecte a constituit-o oboseala materialului din care sînt confecționate paletele, în urma solicitării lor la vibrații, fapt care a determinat fabricile constructoare de turbine să considere, în cele din urmă, problema studierii vibrațiilor la paletele de turbine cu abur ca o problemă importantă și complexă.

În acest scop, pe lîngă marile fabrici de turbine au luat ființă laboratoare speciale de cercetări care au ca sarcină să găsească căile prin care să se înlăture vibrațiile periculoase nu numai la paletele individuale, ci chiar la discuri și la rotorul întreg.

După cum se știe, majoritatea construcțiilor și îndeosebi mașinile sînt supuse, în procesul de exploatare, acțiunii unor forțe exterioare care se repetă la anumite intervale de timp. Aceste forțe pulsatorii provoacă vibrații fie ale elementului de construcție asupra căruia acționează, fie ale întregii construcții.

În cazul unui regim staţionar al vibraţiilor forţate, se poate întîmpla ca frecvenţa forţelor perturbatorii să coincidă cu frecvenţa proprie a elementului de construcţie asupra căruia acţionează. În acest caz pot să apară avarii foarte grave.

Astfel s-a observat că organele de maşini, cum sînt arborii, axele, paletele turbinelor cu abur, tijele maşinilor cu abur şi ale ciocanelor cu abur etc., fiind supuse acestor eforturi repetate în timp, adică executînd vibraţii forţate, se rup pe neaşteptate, fără existenţa unor deformaţii remanente vizibile. Astfel de distrugeri se produc la eforturi mai mici decît cele la care lucrează construcţia în mod normal, sub acţiunea sarcinilor constante.

Ruperile de acest gen nu au loc deodată, ci după un oarecare timp de funcţionare a maşinilor, cîteodată destul de îndelungat. De aceea se obişnuieşte a se numi ruperile de piese de maşini sau elemente de construcţii care apar cu timpul sub acţiunea unor sarcini care se repetă „ruperi prin oboseală".

Astfel de ruperi apar şi la turbinele cu abur şi în special la paletele turbinei.

Ruperea paletelor turbinelor cu abur sau apariţia crăpăturilor pe suprafaţa acestora poate fi : un caz izolat, un fenomen general sau un fenomen care se repetă periodic.

În primul caz, cauza poate fi un defect local, întîmplător, într-o singură paletă (defect de material, executare defectuoasă a paletei, deteriorare în timpul montării etc.).

În al doilea caz, defectele afectează un mare număr de palete ale unei anumite trepte şi pot fi în legătură cu executarea întregului grup de palete, cu montarea lor greşită sau cu uzura lor la limită.

În cazul al treilea, la apariţiile sistematice ale crăpăturilor şi ruperilor de palete, defecte care nu se înlătură prin înlocuirea paletelor, cauzele pot fi : sau tensiuni extrem de ridicate în material sau prezenţa unor condiţii speciale de vibraţii ale paletelor treptei respective sau ale întregului disc cu palete.

În majoritatea cazurilor, ruperea paletelor sau a legăturilor paletelor (sîrmă sau bandaje) se produce în urma obosirii materialului datorită sarcinilor suplimentare create prin vibraţia paletelor şi, mult mai rar, în urma deteriorărilor mecanice cu un corp străin sau ca rezultat al atingerilor.

Ruperea paletelor se produce sub influenţa vibraţiilor de rezonanţă, adică atunci cînd frecvenţa forţelor perturbatoare şi frecvenţa vibraţiei proprii a paletelor coincid, şi anume fie în direcţie tangenţială (în planul discului), fie în direcţie axială (în planul perpendicular pe disc).

Direcţia oscilaţiilor care au provocat ruperea se caracterizează prin direcţia liniei de oboseală din secţiunea de rupere a paletei.

De asemenea ruperea din cauza vibraţiilor se caracterizează prin existenţa a două zone la suprafaţa rupturii : una mai mare cu straturi cu structură de granulaţie măruntă şi care caracterizează dezvoltarea treptată a crăpăturii şi a doua zonă mult mai mică, ce are o structură cristalină cu granulaţie mare.

În momentul cînd, în secţiunea paletei rămasă după formarea fisurii cauzată de vibraţie, tensiunile care acţionează întrec tensiunea admisibilă, se produce ruperea totală. Ruperea din cauza vibraţiilor este de asemenea caracterizată prin lipsa deformării vizibile a secţiunii paletei sau a legăturilor pe toată porţiunea ocupată de crăpătura la oboseală. În fine mai există încă un indiciu incontestabil pentru constatarea rupturilor de palete din cauza vibraţiei. Dacă paletele defecte sînt înlocuite cu palete de acelaşi tip şi ruperea lor se va produce aproximativ după acelaşi număr de ore, este sigur că avem drept cauză a ruperii vibraţiile paletei.

Dezvoltarea turbinelor cu abur, tinzînd către puteri unitare mari, cu rotoare prevăzute la ultimele etaje de joasă presiune cu palete de lungimi mari, a impus constructorilor o atenţie deosebită la alegerea profilului acestor palete. În acest caz ei trebuie să ţină seama nu numai de condiţiile de scurgere a aburului, ci şi de caracteristicile de vibraţii ale paletelor, deoarece forma favorabilă a paletelor din punct de vedere al scurgerii poate să conducă, în schimb, la palete cu caracteristici de vibraţii nesatisfăcătoare.

În fine, paletele odată construite trebuie montate cu respectarea strictă a normelor în vigoare pentru a nu ne îndepărta mult de caracteristicile de vibraţii rezultate din calcul.

Metoda ştiinţifică, relativ nouă, de verificare a calităţii paletărilor şi repaletărilor, în afară de verificarea corespunzătoare a jocurilor cu ajutorul spionului, constă în măsurarea vibraţiilor paletelor după montarea lor pe rotor şi compararea acestor măsurători cu valorile obţinute prin calcul.

În acest scop s-au elaborat o serie de metode de măsurare a vibraţiilor la paletele turbinelor, creîndu-se astfel o tehnică nouă : tehnica măsurătorilor de vibraţii la palete de turbine.

În cele ce urmează, vom dezvolta mai pe larg problema vibraţiilor la paletele turbinelor cu abur cum şi unele metode de măsurare a acestor vibraţii.

2. Cauzele vibraţiilor paletelor şi explicarea fenomenelor ce se produc în turbine cu ocazia vibraţiilor

După cum s-a arătat în introducere, un factor important, care micşorează siguranţa de funcţionare şi adeseori provoacă ruperea paletelor, este funcţionarea acestora cu vibraţii de amplitudini neadmisibile.

În adevăr, dacă în timpul funcționării paletele suportă pe lîngă solicitarea statică din partea aburului și solicitări suplimentare dinamice datorită vibrațiilor, se poate întîmpla ca tensiunile admisibile să fie întrecute și să avem ruperi.

Aceste oscilații ale paletelor în timpul funcționării turbinei sînt provocate de forțe exterioare sistemului paletă—disc—rotor. Cele mai importante cauze care provoacă oscilațiile paletelor sînt :

a) Neuniformitatea fluxului de abur care trece prin secțiunile inelare ale ajutajelor sau ale paletelor directoare (palete statorice).

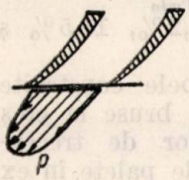


Fig. 1.

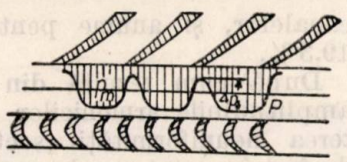


Fig. 2.

Această neuniformitate a fluxului de abur este cauzată la rîndul ei, pe de o parte, de frînarea aburului de pereții canalelor de trecere, ceea ce face ca la ieșirea din aceste canale viteza aburului să varieze între valoarea ei maximă în mijlocul secțiunii canalului și valoarea ei minimă lîngă pereți (fig. 1), iar pe de altă parte datorită existenței muchiilor de evacuare a duzelor, respectiv a paletelor statorice (fig. 2).

Impulsurile fluxului de abur, diferite ca forță, întîlnind paletele, acestea încep să vibreze. Astfel, în momentul cînd mijlocul paletei se află contra mijlocului secțiunii (canalului) ajutajului situat înaintea ei, paleta se îndoaie, sub acțiunea vînei de abur, în direcția curentului. Mai departe, paleta, venind în fața muchiei ajutajului sau paletei statorice, se întoarce în poziție normală. Așadar, pe tot drumul ei pe periferie paleta se îndoaie și se îndreaptă periodic în poziția sa și face la o rotație a rotorului atîtea vibrații cîte ajutaje sînt situate pe periferia diafragmei statorice din fața ei.

De exemplu : dacă într-un rînd statoric sînt 200 palete la fiecare învîrtitură, oricare paletă de pe rotor din treapta imediat următoare va primi 200 impulsuri.

În cazul cînd turbina are 3 000 t/m, respectiv $\frac{3\,000}{60} = 50$ t/s, fiecare paletă va fi supusă unor impulsuri periodice a căror frecvență va fi

$$200 \times 50 = 1\,000 \text{ imp/s.}$$

Dacă numărul impulsurilor pe secundă coincide cu frecvența proprie a vibrațiilor paletei, aceasta intră în rezonanță.

Un caz particular de oscilații produse din cauza neuniformității fluxului de abur sînt oscilațiile paletelor datorită admisiei parțiale a aburului pe paletele de lucru ale treptelor de reglaj și care sînt supuse în acest fel unor solicitări importante variabile, ce duc, în cazul construcțiilor necorespunzătoare, la ruperi de palete.

b) Există încă și un al doilea gen de forțe perturbatoare care provoacă vibrații la paletele turbinelor, și anume :

— forțe datorită perturbării fluxului continuu al aburului în punctele de separație ale diafragmelor ;

— forțe datorită perturbării fluxului continuu al aburului provocate de neuniformitatea secțiunilor canalelor directoare (din cauza confecționării neprecise a pieselor de distanță sau a montării incorecte a paletelor statorice).

În adevăr, la turbinele cu reacție, există de obicei o distanță mărită între paletele directoare montate lîngă planul orizontal de separație al carcasei.

Aceste distanțe mărite existente în ambele părți ale carcasei constituie o cauză pentru apariția unor vibrații cu frecvență egală cu dublul turației rotorului.

Să examinăm, de exemplu, cazul producerii vibrațiilor paletelor datorită unei singure forțe perturbatoare, respectiv să considerăm cazul cînd numai la una dintre separațiile carcasei ar exista o distanță mărită față de celelalte și deci fluxul de abur, în acest loc, este diferit ca intensitate față de restul ajutajelor.

Să marcăm pe roată o paletă oarecare și să începem înregistrarea timpului din momentul în care paleta se găsește în dreptul forței perturbatoare.

Căpătînd impulsul, paleta începe să vibreze. Să presupunem că perioada de oscilație a paletei este de două ori mai mică decît durata unei rotații a roții, adică paleta va efectua într-o rotație a roții două cicluri complete (fig. 3).

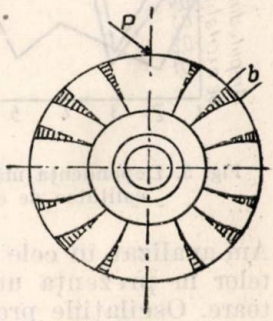


Fig. 3.

Atunci cînd roata va efectua o rotație completă paleta se va apropia de două (punctul *p* din fig. 3) în stare nedeformată, însă cu viteza maximă, care coincide din punct de vedere al orientării cu direcția de acționare a forței perturbatoare *p* provocată de presiunea aburului.

Paleta va căpăta aici un nou impuls, iar amplitudinea vibrației va fi, de data aceasta, mai mare. Același lucru se va întîmpla și în cazul celei de-a treia reveniri a paletei în dreptul forței *p*, etc.

Dacă frecvența oscilațiilor proprii ale paletei este de trei ori mai mare decît numărul de rotații, adică :

$$f_s = 3n$$

atunci, într-o singură rotație a roții, paleta va efectua trei oscilații complete (fig. 4). În cazul cînd frecvența oscilațiilor proprii ale paletelor este un multiplu al numărului de rotații, adică :

$$f_8 = kn \ (k = 2,3...)$$

atunci apar fenomenele de rezonanță cu efectele lor foarte dăunătoare.

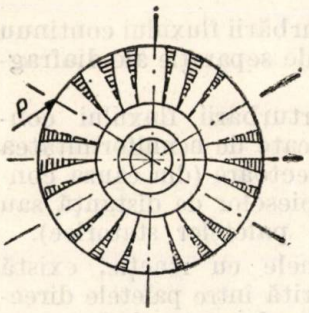


Fig. 4.

Numerele de rotații care se determină din formula de mai sus poartă numele de numere critice de rotații ale paletei și se notează de obicei prin

$$n_{cr} = \frac{f_8}{k}$$

Este de remarcat că la vibrația paletei, la numărul critic de rotații, numărul k din formula de mai sus arată de cîte ori perioada de oscilație a paletei este mai mare sau mai mică decît durata rotației rotorului.

La orice punct al diagramei de mai sus (fig. 3) paleta trece mereu cu aceeași viteză și cu același grad de deformare în funcție de numărul k și de poziția relativă a punctului pe diagramă.

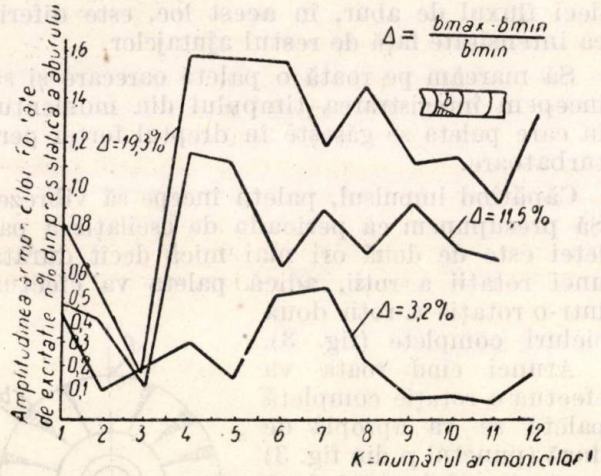


Fig. 5. Dependența mărimilor forțelor de excitație de calitatea de execuție a diagramei.

Am analizat în cele de mai sus oscilațiile paletelor în prezența unei singure forțe perturbatoare. Oscilațiile provocate de mai multe forțe perturbatoare, condiționate de neuniformitatea secțiunilor canalelor, se vor desfășura în condiții absolut identice.

Din această cauză, abaterile dimensionale ale canalelor sau ale paletelor directoare, ale unghiurilor de așezare ale acestora au o mare importanță și de aceea ele trebuie evitate cît mai mult posibil.

În fig. 5 se arată dependența mărimii forțelor variabile perturbatoare create de curentul de abur în funcție de calitatea de execuție a diafragmelor statorice.

Pe axa absciselor sînt notate armonicile forțelor de perturbație produse de curentul de abur datorită neuniformității secțiunilor de trecere.

Prima armonică are frecvența egală cu numărul de rotații n, a doua armonică are frecvența 2 n, etc.

Pe axa ordonatelor sînt notate amplitudinile armonicilor forțelor de excitație în % față de presiunea statică a aburului exercitată asupra paletelor de lucru. Cele trei curbe sînt diferite, și anume în funcție de dispersia dimensiunilor secțiunilor de trecere $\Delta = \frac{b_{max} - b_{min}}{b_{min}} \cdot 100\%$ a canalelor, și anume pentru 3,2%, 11,5% și 19,3%.

După cum rezultă din curbele construite, amplitudinile armonicilor cresc brusc la creșterea neuniformității secțiunilor de trecere, ducînd în acest caz la ruperi de palete în exploatare.

3. Feluri de vibrații ale paletelor

Existînd în turbină forțe perturbatoare de genul celor expuse mai sus, paletele vor executa oscilații.

După durata aplicării impulsurilor asupra paletelor deosebim :

— vibrații libere,

— vibrații forțate.

Dacă impulsul perturbator este aplicat paletei în timp scurt, paleta va face oscilații libere. În acest caz amplitudinea vibrațiilor se reduce treptat și după un anumit interval de timp paleta revine la starea de echilibru (fig. 6).

Cînd paleta este influențată de forța perturbatoare avem de-a face cu oscilații forțate, cazul cel mai des întîlnit în exploatarea turbinelor.

Cazul cel mai important de oscilații forțate se produce atunci cînd frecvența impulsurilor exterioare este egală cu frecvența proprie a oscilației paletei sau este un multiplu al acesteia. În asemenea cazuri se ivesc oscilații denumite oscilații de rezonanță.

Din punct de vedere al direcției de oscilație se disting următoarele feluri de oscilații :

a) oscilații în planul perpendicular rotirii discului, numite oscilații axiale sau longitudinale (fig. 7);

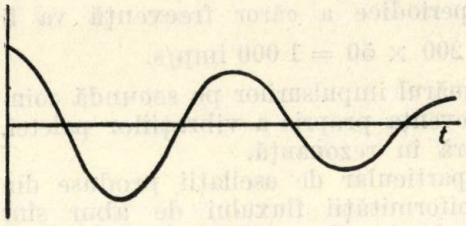


Fig. 6.

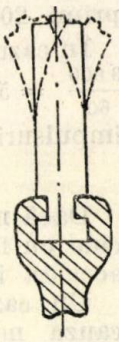


Fig. 7.

b) oscilații în jurul axelor proprii de inerție, numite vibrații torsionale;

c) oscilații în planul de rotire al discului, numite vibrații de încovoiere sau tangențiale (fig. 8, 9 și 10).

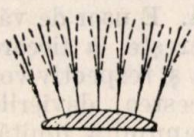


Fig. 8.

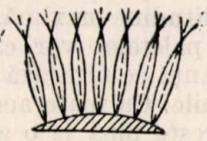


Fig. 9.

Fig. 10.

Cele mai frecvente și în același timp cele mai periculoase sînt vibrațiile tangențiale, din care cauză despre acestea ne vom ocupa mai îndeaproape.

4. Cercetări experimentale asupra vibrației paletei izolate

În laborator se poate obține oscilația paletei dacă fixăm coada paletei într-o menghină, iar celălalt capăt îl lăsăm liber și aplicăm acestui capăt un impuls cu ajutorul unui curent alternativ de frecvență variabilă și al unui electromagnet de excitație.

Provocînd oscilația paletei, la început cu ajutorul unei forțe de joasă frecvență și apoi mărind frecvența, vom observa următorul fenomen.

La apropierea frecvenței forței de excitație de frecvența oscilației proprii a paletei, amplitudinile oscilațiilor paletei încep să crească cu repeziciune, ating un maxim oarecare, iar după aceea, continuînd să creștem frecvența forței de excitație, amplitudinile scad repede pînă la valoarea zero.

Dacă mărim în continuare frecvența forței de excitație, această situație se repetă la atingerea unei noi frecvențe bine determinată și vor scădea din nou cînd mărim frecvența.

Oscilațiile maxime corespund frecvențelor forțelor de excitare (ale electromagnetului) egale cu frecvențele proprii ale paletelor, adică avem fenomenul de rezonanță.

Dacă direcția impulsurilor electromagnetului este perpendiculară pe axa minimă de inerție a secțiunii paletei, atunci avem de-a face cu oscilații tangențiale.

Observarea curbei de încovoiere a paletei în timpul vibrației se face cu ajutorul unui baston de sticlă pe care-l plimbăm de-a lungul paletei și ascultăm intensitatea vibrației.

Prima formă de oscilație pe care o observăm în cazul frecvenței celei mai scăzute a paletei este înfățișată în fig. 8 și se numește oscilație de *tonul întîi.*

A doua formă de oscilație care corespunde cu frecvența următoare este înfățișată în fig. 9 și se numește de *tonul al doilea.* Această formă prezintă un punct fix denumit punct nodal.

În cazul creșterii frecvențelor electromagnetului de excitare, vom avea oscilația paletei de *tonul al treilea* (fig. 10) cu două puncte nodale.

Paleta fixată în felul acesta posedă un număr infinit de mare de frecvențe proprii, iar numărul de noduri crește paralel cu creșterea frecvenței.

Dacă acum considerăm paleta fixă și la capătul celălalt, vom avea următoarele feluri de oscilații:

Excitînd paleta ca și mai sus și cercetînd curba de încovoiere, vom găsi, la frecvența cea mai joasă, forma de oscilație prezentată în fig. 11, denumită de asemenea *de primul ton.*

La ridicarea frecvenței obținem de asemenea oscilație de al doilea și al treilea ton etc. (fig. 12 și 13).

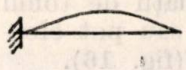


Fig. 11.

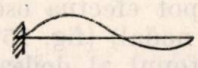


Fig. 12.

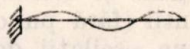


Fig. 13.

5. Cercetarea experimentală a oscilațiilor pachetelor de palete

În practica construcțiilor de turbine, palete individuale se întîlnesc destul de rar, ele fiind de obicei legate în pachete cu sîrme sau bandaj.

Cercetarea experimentală a pachetelor de palete gata asamblate se face la fel cu cercetarea paletelor izolate.

Pachetul de palete este prins în dispozitive speciale și fixat de un bloc de fontă.

Cu ajutorul electromagnetului de excitație se produce forța de excitație a pachetului de palete. Mărind succesiv frecvența de oscilație a forței de excitație, sînt căutate frecvențele la care are loc rezonanța.

După cum am mai spus, paletele pot fi legate în pachete cu bandaj ca în fig. 14 sau cu sîrme de consolidare ca în fig. 15 și fig. 16.

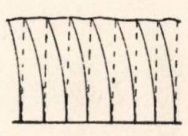


Fig. 14.

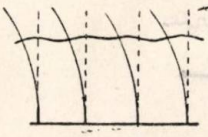


Fig. 15.

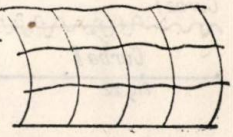


Fig. 16.

Să analizăm pachetul de palete legat cu bandaj (fig. 14). Paletele legate în acest fel pot avea următoarele feluri de oscilații:

— oscilații intense, în aceeași fază, ale vîrfurilor paletelor (fig. 14), denumite de asemenea de primul ton cu 1/4 de undă;

— oscilații în faze diferite ale paletelor cu vîrfurile fixe, fără puncte nodale (fig. 17), denumite de primul ton însă cu 1/2 de undă. Astfel de oscilații sînt posibile la paletele nelegate complimentar și se numesc vibrații interne ale pachetului sau vibrații autonome.

Oscilațiile autonome ale paletelor din pachete pot avea loc cu un singur nod, numite de tonul al doilea dar cu unda întreagă (fig. 19). Caracteristic pentru oscilațiile autonome ale paletelor este faptul că ele vibrează în faze diferite.

Paletele mai pot oscila în pachet și în aceeași fază cu un singur punct nodal (fig. 18), în tonul al doilea cu 3/4 de undă.

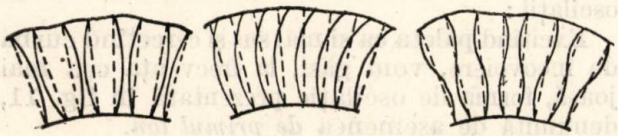


Fig. 17. Fig. 18. Fig. 19.

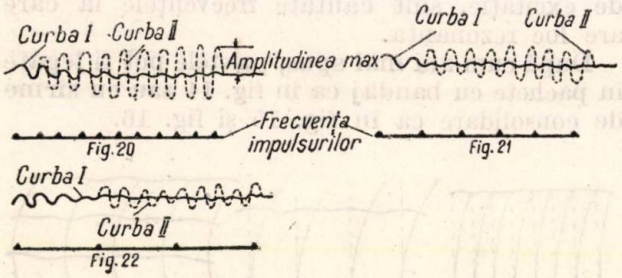
De asemenea paletele legate cu sîrme sau sîrme și bandaj pot efectua oscilații de tonul întîi (fără punct nodal) (fig. 15) sau pot efectua oscilații de tonul al doilea (fig. 16).

Pentru anumite palete date, frecvențele de oscilație ale pachetului sînt în funcție de dimensiunile bandajului și sîrmelor și de așezarea acestora pe lungimea paletei.

6. Influența multiplicității asupra mărimii încovoierii paletelor în timpul vibrației la rezonanță

La vibrația paletelor provocată de forțele de excitație, avînd frecvențe diferite, deci perioade diferite, se disting mai multe cazuri :

a) perioada forței de perturbație este mai mică decît perioada de stingere totală a vibrației libere amortizate a paletei (fig. 20, 21 și 22) ;



b) perioada forței de perturbație este egală sau mai mare decît perioada de amortizare totală a vibrației paletei ce oscilează.

În funcție de multiplicitate, impulsurile date de abur la rezonanță provoacă devieri diferite ale paletelor, deci solicitări diferite.

Prin multiplicitate se înțelege aici numărul care arată după cîte perioade ale unei mișcări oscilatorii are loc impulsul exterior datorită căruia oscilația inițială intră în rezonanță.

Să considerăm, de exemplu, că frecvența proprie a paletelor corespunde cu frecvența forței de perturbație, adică $\frac{f_\delta}{n} = 1$ (cazul prim de multiplicitate $k = 1$, fig. 20)

În acest caz impulsul de rezonanță al paletei se obține în momentul începerii celui de-al doilea ciclu al oscilațiilor. În acest moment, paletele, avînd încă o amplitudine inițială a oscilațiilor și primind impulsul suplimentar, vor devia mai mult de la poziția de echilibru, adică vor avea o amplitudine maximă. E ușor de văzut că devierile paletelor vor crește la fiecare impuls de rezonanță ce urmează și respectiv vor crește și tensiunile. Cu toate acestea, devierile paletelor vor crește pînă la o anumită limită, deoarece forțele rezistenței interioare a materialului și a legăturilor se vor opune creșterii nelimitate a devierilor.

Devierea maximă a paletelor la rezonanță are loc numai cînd oscilația devine stabilă, iar energia impulsurilor aburului care acționează asupra paletelor este absorbită complet de frecarea dintre particulele materialului paletelor și ale legăturilor respective.

În asemenea cazuri, impulsul de rezonanță, chiar de mică putere, poate provoca o deviere în urma căreia tensiunile în palete pot atinge limita de obosire a materialului și pot provoca deteriorarea paletelor.

Dacă acum considerăm cazul cînd frecvența forței de excitație este de două ori mai mică decît frecvența oscilațiilor paletelor, adică $\frac{f_\delta}{n} = 2$ (cazul celei de-a doua multiplicități) paletele primesc impulsul de rezonanță în momentul începerii celei de-a treia perioade a oscilațiilor.

În acest caz oscilațiile paletei primesc impulsul de rezonanță la o deviere mai mică decît în primul caz.

Devierile paletei vor crește o dată cu fiecare impuls ce urmează pînă la valoarea maximă a oscilațiilor.

Amplitudinea maximă de deviere a paletelor va fi mai mică decît în primul caz (fig. 21).

Curba *I* arată oscilația liberă a paletelor cu amortizare, iar curba *II* reprezintă oscilațiile forțate ale paletelor activate de impulsul de rezonanță, și anume în fig. 20 cu multiplicitatea întîi, iar în fig. 21 cu multiplicitatea 2-a.

La multiplicitatea a 3-a ($k = 3$) $\frac{f_\delta}{n} = 3$, fiecare impuls de rezonanță ce urmează va fi imprimat paletelor în momentul începerii celei de-a patra perioade a oscilației paletei. Desigur că pe măsură ce crește multiplicitatea ($k = 4$, $k = 5$ etc.) fiecare impuls de rezonanță ce urmează va fi imprimat paletelor după trecerea a 5, 6 etc. perioade ale oscilației proprii a paletei.

Devierile inițiale ale paletelor vor fi cu atît mai reduse cu cît multiplicitatea este mai mare. Această concluzie este justă numai cînd toți factorii care influențează vibrația rămîn constanți și numai forța de perturbație este variabilă.

În fig. 22 este reprezentat cazul multiplicității a 4-a. Din examinarea cazurilor de mai sus ale vibrației, se poate trage concluzia că devierile paletelor la rezonanță se micșorează o dată cu creșterea multiplicității, dacă celelalte condiții rămîn constante.

Pentru paletele ultimelor trepte sînt caracteristice oscilațiile examinate mai sus. În adevăr, pachetele de palete de turbine vibrează din cauza impulsurilor forțelor perturbatoare a căror frecvență este un multiplu al numărului de rotații ale rotorului, în primul ton cu 1/4 undă.

Rezonanța și zonele din apropierea rezonanței, la un multiplu mic, sînt periculoase pentru funcționarea paletelor, deoarece în acest caz cresc brusc amplitudinile oscilațiilor și tensiunile în material, ceea ce poate provoca deteriorarea paletelor din cauza obosirii materialului.

7. Efectul forțelor centrifuge asupra numărului de oscilații proprii

Frecvența proprie a oscilațiilor paletelor pe care o măsurăm pe cale experimentală, cu rotorul în repaos, diferă de frecvența proprie a oscilațiilor paletelor în timpul funcționării turbinei, la turația de regim. Efectul forței centrifuge se concretizează prin aceea că frecvența proprie a paletei crește.

Deși există instalații speciale cu care se poate examina vibrația paletei în rotație, totuși deocamdată luînd în considerare complexitatea și costul ridicat al acestor instalații, în majoritatea cazurilor practice, trebuie să ne mulțumim cu calcularea acestui efect al forțelor centrifuge asupra frecvenței proprii a paletelor.

În acest calcul se are în vedere că mărirea numărului de vibrații depinde de un coeficient care ține seama de turație, de lungimea paletei și de diametrul mediu al treptei respective.

Dacă notăm cu f_δ — frecvența oscilațiilor paletei în rotație și o numim frecvența dinamică, cu f_{st} — frecvența oscilațiilor paletei în stare de repaus, pe care o putem măsura experimental și pe care o numim frecvența statică, atunci frecvența dinamică este egală cu

$$f_\delta = \sqrt{f_{st}^2 + Bn_0^2}$$

unde : B este coeficientul ce ține seama de turație și de lungimea paletei, respectiv de diametrul mediu al treptei ;

n_0 — turația de regim a rotorului în t/s.

Pentru B se dau diverse formule experimentale, și anume :

— pentru paletele cu secțiune constantă

$$B = 0{,}8 \frac{D_{med}}{l_p} - 0{,}85$$

— pentru paletele cu secțiune variabilă

$$B = 0{,}72 \frac{D_{med}}{l_p} - 1$$

unde : D_{med} este diametrul mediu al treptei respective ;

l_p — lungimea liberă a paletei.

Deși utilizăm aceste formule, menționăm totuși că în literatura mondială părerile se împart în ceea ce privește mărimile care determină coeficientul B, ceea ce înseamnă că problema încă nu este definitiv clarificată.

Din punct de vedere practic, este suficient dacă ținem seama de efectul forțelor centrifuge la paletele ultimelor trepte ale turbinelor. La paletele mici, schimbarea numărului de vibrații proprii cauzate de turație este atît de mică, încît nu este cazul a se lua în considerație.

8. Metode practice de măsurare a frecvenței proprii a paletelor de turbine

În general, măsurarea vibrațiilor paletelor cu frecvențe joase se face prin două metode :

a) metoda oscilațiilor libere ;

b) metoda oscilațiilor de rezonanță.

Indiferent de metoda determinării vibrației precizia măsurării frecvenței nu trebuie să fie mai mică de 1% față de valoarea ce se măsoară.

a) *Măsurarea vibrațiilor prin metoda oscilațiilor libere.* Oscilațiile libere ale paletelor individuale sau ale pachetelor de palete se produc printr-un impuls scurt aplicat direct acestora. După aplicarea impulsului pachetele continuă să oscileze un timp oarecare în funcție de amortizarea paletelor respective. Frecvența se măsoară cu ajutorul unui oscilograf cu buclă sau catodic.

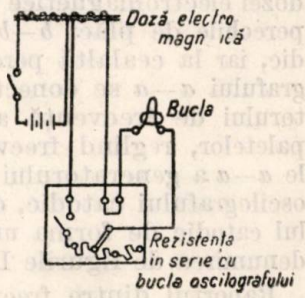


Fig. 23.

În fig. 23 este reprezentată schema de principiu a măsurării vibrațiilor cu ajutorul oscilografului cu buclă.

Lîngă paletă sau pachetul de palete se montează o doză electromagnetică prevăzută cu două înfășurări :

— o bobină primară care se conectează cu o sursă de curent continuu ;

— o bobină secundară care se conectează în serie cu bucla oscilografului printr-o rezistență.

Provocarea oscilațiilor se face prin lovirea paletelor cu un ciocan de cauciuc.

Cu ajutorul dozei electromagnetice, oscilațiile mecanice ale paletei sînt transformate în oscilații electrice de aceeași frecvență.

Aceste oscilații, împreună cu oscilațiile indicatorului de timp al oscilografului, se înregistrează pe hîrtie fotografică sau pe peliculă de cinematograf.

În acest fel, pe oscilogramă se trasează două curbe, oscilația proprie a paletei și oscilația indicatorului de timp a cărei frecvență f_0 per/s este dinainte cunoscută.

Frecvența proprie a oscilațiilor paletelor se determină prin compararea acestor curbe.

Pe oscilogramă se ia un număr întreg de perioade ale oscilațiilor paletelor N ce corespunde unei distanțe s măsurată pe curba indicatorului de timp. Pe sectorul s se citește numărul perioadelor indicatorului de timp N_0. Frecvența proprie a oscilațiilor paletei (sau pachetului) se determină din raportul

$$f_{st} = f_0 \frac{N}{N_0}.$$

Un rol important la oscilografierea vibrațiilor îl are fixarea sigură a dozei electromagnetice pentru a nu avea influența oscilațiilor străine.

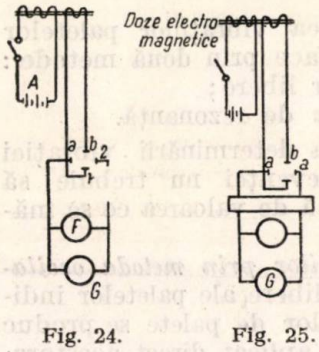


Fig. 24. Fig. 25.

În fig. 24 și 25 sînt arătate schemele de măsurare a vibrațiilor prin metoda oscilațiilor libere, folosind în locul oscilografului cu buclă un oscilograf catodic. După schema din fig. 24, frecvența poate fi determinată prin metoda figurilor Lissajoux.

În această schemă înfășurarea secundară a dozei electromagnetice se conectează la una din perechile de plăci $b-b$ ale oscilografului catodic, iar la cealaltă pereche de plăci ale oscilografului $a-a$ se conectează tensiunea generatorului de frecvență acustică G. La vibrarea paletelor, reglînd frecvența tensiunii pe plăcile $a-a$ a generatorului G, se obțin, pe ecranul oscilografului catodic, curbe trasate de fascicolul catodic de forma unor curbe cunoscute sub denumirea de figurile Lissajoux.

Raportul dintre frecvențele vibrațiilor paletelor și generatorului acustic se determină în funcție de forma curbelor.

În funcție de acest raport și în funcție de frecvența generatorului acustic, se determină frecvența vibrațiilor paletelor. După schema din fig. 25, frecvențele vibrațiilor paletelor se determină cu ajutorul unui generator de analiză a frecvenței acustice A montat într-un oscilograf catodic.

Generatorul de analiză a frecvenței acustice produce curba de tensiune cu forma dințată. Cînd frecvențele paletei și ale generatorului sînt egale, pe ecranul oscilografului catodic va apărea o perioadă a tensiunii induse în înfășurarea secundară a dozei electromagnetice.

Cînd raportul frecvențelor generatorului și a paletei cercetate este un multiplu, pe ecran vor apărea mai multe perioade egale ca număr cu raportul dintre frecvența paletei și cea a generatorului.

În cazul cînd pe ecran apar N perioade, frecvența oscilațiilor paletei se determină din ecuația

$$f_{st} = N f_{of}$$

în care f_{of} este frecvența generatorului de analiză a frecvenței acustice.

Frecvența generatorului poate fi determinată cu un frecvențmetru special F după cum se arată în fig. 25 sau se poate face etalonarea lui.

b) *Măsurarea vibrațiilor paletelor prin metoda oscilațiilor de rezonanță.* În fig. 26 este reprodusă schema cu aparatura necesară măsurării vibrațiilor la palete prin metoda rezonanței.

Electromagnetul de excitație este alimentat printr-un amplificator puternic cu o tensiune de frecvență variabilă dată de generatorul acustic G.

La variația frecvenței generatorului, frecvența impulsurilor excitatorului E se apropie de frecvența proprie a oscilațiilor paletei sau pachetului de palete, cînd acestea încep să vibreze intens.

Momentul de rezonanță se determină făcînd observarea indicatorului de rezonanță, care în cazul nostru este un voltmetru electronic.

Acest voltmetru electronic se montează la bornele unui traductor electromagnetic T, în care, în momentul rezonanței se induce o tensiune a cărei frecvență este chiar frecvența proprie a paletei la rezonanță.

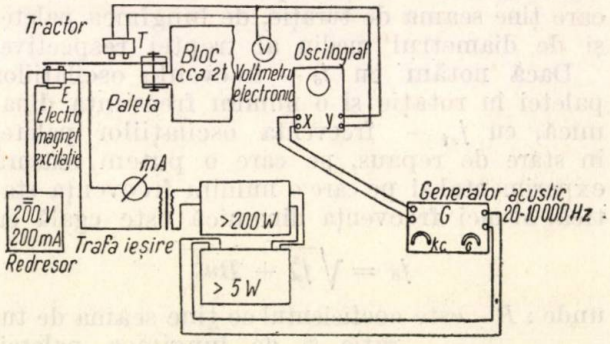


Fig. 26. Aparatura de măsurat vibrațiile la palete de turbine prin metoda rezonanței.

Pentru măsurarea frecvenței rezultate în urma vibrației paletei ne servim de un osciloscop. În adevăr, pe o pereche de plăci ale tubului catodic aplicăm tensiunea primită de la traductor T, iar pe cealaltă pereche de plăci se aduce tensiunea de la generatorul de frecvență acustică G.

În momentul rezonanței, deci cînd frecvențele proprii ale paletelor devin egale cu frecvența impulsurilor date de generatorul acustic, pe ecranul osciloscopului apare o elipsă.

În acest moment citim pe scările gradate ale generatorului de frecvență acustică, în prealabil etalonat, care este frecvența proprie a oscilației paletei sau pachetului. Precizia măsurării depinde numai de precizia etalonării generatorului și a calculului.

Metoda de măsurare a vibrațiilor paletelor prin rezonanță este mai perfecționată decît metoda oscilațiilor libere.

Prin metoda oscilațiilor libere nu se poate măsura decît vibrația de tonul întîi, în timp ce metoda oscilațiilor de rezonanță permite măsurarea primului ton și a tonurilor superioare. De asemenea măsurarea oscilațiilor pachetelor de palete solidarizate cu sîrme (fig. 23) se poate face numai prin metoda oscilațiilor de rezonanță.

9. Caracteristici de vibrații

Cu metodele expuse mai sus se poate determina frecvența statică a paletelor unei anumite trepte a turbinei cu abur.

Datele măsurării frecvenței vibrațiilor paletelor pentru fiecare treaptă în parte permit să se determine apoi prin calcule următoarele caracteristici de vibrații.

A. *Împrăștierea frecvențelor*, care se calculează cu formula :

$$\Delta f = \frac{f_{st.\,max} - f_{st.\,min}}{f_{st.\,min}} \times 100\,\%$$

unde: $f_{st.\,max}$ este frecvența maximă găsită la paletele rîndului respectiv ;

$f_{st.\,min}$ — frecvența minimă la același rînd.

Cu cît acest raport are o valoare mai mică, cu atît calitatea paletărilor și repaletărilor este mai bună.

Pentru paletele de joasă frecvență (ale ultimelor trepte ale turbinelor cu condensație), conform normelor sovietice se admite o dispersie de cel mult 8%. Se consideră că montarea paletelor este bine executată dacă $\Delta f = 4\,\%$.

B. *Frecvențele dinamice.* Frecvența dinamică, după cum s-a arătat la pct. 7, se calculează cu formula :

$$f_\delta = \sqrt{f_{st}^2 + Bn_0^2}\ \text{Hz}.$$

C. *Numărul critic de rotații.* La punctul 2 s-a arătat că în turbina în funcțiune există două grupuri de forțe perturbatoare care provoacă oscilația paletelor :

Prima categorie, care se datorește prezenței muchiilor paletelor directoare, posedă frecvențe ridicate, fiind valori multiple ale produsului $n.z$, unde :

n este turația de regim, în t/s ;

z — numărul de ajutaje, respectiv palete statorice.

Al doilea grup este condiționat de neuniformitatea curentului de abur pe periferia diafragmei și posedă frecvențe relativ scăzute, care reprezintă multiplul numărului de rotații pe secundă n al rotorului.

În cazul acestui al doilea grup de forțe perturbatoare am văzut că rezonanța are loc cînd avem :

$$f_\delta = kn_{cr}$$

unde n_{cr} este turația critică de rezonanță.

Dacă ținem seama de formula frecvenței dinamice, atunci vom obține :

$$f_\delta = kn_{cr} = \sqrt{f_{st}^2 + Bn_{cr}^2}$$

Soluționînd această ecuație în raport cu n_{cr}, vom găsi următoarea expresie pentru numărul critic de rotații ale rotorului :

$$n_{cr} = \frac{f_{st}}{\sqrt{k^2 - B}}\ \text{t/s}.$$

Pentru o frecvență statică f_{st} măsurată, această formulă determină un șir de numere critice ale rotațiilor, în funcție de valorile k. Unele din ele vor fi superioare numărului de lucru al rotațiilor, altele inferioare.

Interesul practic îl prezintă valoarea cea mai mică dintre turațiile critice care se găsesc peste viteza de lucru și cea mai mare dintre acele ce se găsesc sub turația de lucru.

D. *Verificarea la frecvența impulsurilor.* Din practică s-a constatat că frecvența nz a forțelor de excitație ce se datoresc prezenței muchiilor paletelor directoare depășește mult și chiar foarte mult frecvențele forțelor care se datoresc neuniformității secțiunilor de trecere a aburului pe periferia diafragmei (kn).

În porțiunea de înaltă și mijlocie presiune a turbinei, frecvențele primelor cîtorva tonuri ale oscilațiilor tangențiale ale paletelor de lucru sînt suficient de mari, din care cauză ele pot coincide cu frecvența forței de excitație nz. Experiența din exploatare dovedește că prezintă pericol din acest punct de vedere paletele legate cu bandaj.

Condiția care trebuie îndeplinită în cazul acesta pentru a nu avea rezonanță este :

$$4 \leqslant \frac{nz}{f_{st}} \leqslant 8$$

sau :

$$4\,f_{st} \leqslant nz \leqslant 8\,f_{st}$$

în care : $4\,f_{st}$ corespunde situației în care paletele ar fi doar articulate în roată și bandaj, iar $8\,f_{st}$ corespunde încastrării perfecte a paletelor atît în roată cît și în bandaj.

E. *Depărtarea de frecvenţa de rezonanţă.* Pentru siguranţă în exploatare se acordează paletele din punct de vedere al vibraţiilor pentru a avea anumite intervale (distanţe) faţă de frecvenţa de rezonanţă.

Această rezervă se calculează după formula :

$$\frac{f_8 - kn_0}{kn_0} \times 100\%$$

în care f_8 este frecvenţa dinamică proprie a paletei sau pachetului de palete în Hz, calculată pentru numărul normal de rotaţii n_0 t/s, iar

$$k = 2, 3 \ldots\ldots .6$$

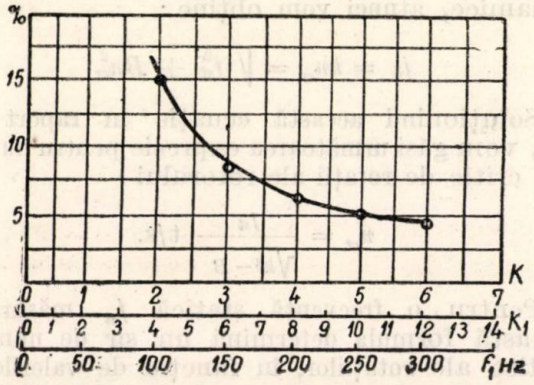


Fig. 27. Diagrama rezervelor de turaţii critice (frecvenţa de rezonanţă) pentru paletele turbinelor cu aburi cu 3 000 t/min. şi 1 500 t/min.

F. *Depărtarea faţă de turaţia nominală.* De asemenea, pentru siguranţă în exploatare se iau anumite turaţii critice care să fie depărtate de turaţia nominală cu anumite valori în funcţie de valorile k.

Această rezervă se calculează cu formula

$$\Delta n = \frac{n_{cr} - n_0}{n_0} \times 100\%$$

unde :

n_{cr} este turaţia critică rezultată din calcul ;

n_0 — turaţia nominală, în t/s.

Pentru turbinele cu 3 000 t/m şi 1 500 t/m rezervele admise de normele sovietice trebuie să corespundă valorilor reprezentate de diagrama din fig. 27.

G. *Consideraţii practice.* Practica a demonstrat că, în funcţie de calitatea paletării şi repaletării, măsurarea vibraţiei paletelor dă indici foarte diferiţi.

În unele cazuri, împrăştierile de frecvenţă se găsesc în limitele normelor şi dau caracteristici de vibraţii satisfăcătoare, iar în alte cazuri ele depăşesc normele şi dau caracteristici de vibraţii nesatisfăcătoare.

De exemplu, după o repaletare a unui disc de la o turbină de 25 MW, măsurarea vibraţiilor a dat următoarele valori :

Fig. 27. Diagrama rezervelor de turaţii critice (respectiv frecvenţele de rezonanţă) pentru paletele turbinelor cu abur cu 3 000 t/m şi 1 500 t/m.

k — multiplu la 50 t/s

k_1 — multiplu la 25 t/s

f_1 — frecvenţa în Hz (dinamică).

$f_{st\ min} = 188$ Hz $f_{st\ max} = 208$ Hz.

Împrăştierea frecvenţei pe disc a fost deci :

$\Delta f = 10{,}65\%$, adică nesatisfăcătoare.

Calculîndu-se caracteristicile de vibraţii, s-au obţinut următoarele valori de distanţe minime faţă de turaţia nominală :

pentru $k = 4$ $\Delta n = 3\%$

pentru $k = 5$ $\Delta n = -12{,}2\%$.

De aici s-a tras concluzia că avem de-a face cu o caracteristică de vibraţii nesatisfăcătoare.

După o verificare amănunţită a paletaturii la zece pachete, s-a efectuat nituirea suplimentară a cepurilor.

După această operaţie, măsurarea vibraţiei paletelor a dat următoarele rezultate :

$$f_{st.\ min} = 198 \text{ Hz}; \quad f_{st.\ max} = 208 \text{ Hz}.$$

De aici se vede că împrăştierea frecvenţelor a scăzut la 5,05%, iar distanţa minimă de la rezonanţă pentru $k = 4$ a crescut de la 3% la 8%, obţinîndu-se astfel o caracteristică de vibraţii corespunzătoare.

10. Influenţa duratei lungi de funcţionare asupra caracteristicilor de vibraţii ale paletelor

Măsurarea caracteristicilor de vibraţii ale paletelor turbinelor cu abur din diferite sisteme energetice arată că, pentru paletele montate în mod satisfăcător şi concepute ca atare, nu apar modificări ale acestor caracteristici în mod practic. Excepţiile sînt date de :

a) treptele supuse unei uzuri puternice de coroziune-eroziune ;

b) treptele supuse acţiunii efective de rezonanţă datorită unei reglări nesatisfăcătoare ;

c) treptele în ale căror palete apar tensiuni neadmisibil de mari.

În exploatare sînt posibile de asemenea scăderi bruşte ale frecvenţei oscilaţiilor paletelor în decursul primului an de funcţionare. Deşi nu există pînă acum vreo explicaţie justificabilă a acestui fenomen, se poate presupune că el este legat de schimbarea decrementului de amortizare a oscilaţiilor paletei.

Funcţionarea mai departe a paletelor se produce cu caracteristici de vibraţii practic stabile.

Stabilitatea caracteristicilor de vibraţii se observă de asemenea şi în unele cazuri cînd există o reglare necorespunzătoare a treptei din punct de vedere al rezonanţei.

Semnificativ din acest punct de vedere se citează în literatură funcționarea mai multor trepte ale unei turbine vechi în 2 cilindri cu condensație S S de 50 MW, 1 500 t/m.

Astfel treapta 21 a acestei turbine a lucrat peste 160 000 ore avînd frecvența primului ton de oscilație tangențială 70 Hz, ceea ce corespunde unei rezerve de la rezonanța de numai 3,6% (pentru $k = 3$ normele prevăd 20%).

Treapta 26 a funcționat peste 66 000 ore avînd $f = 92$ Hz, deci cu o rezervă de 1% (pentru $k = 4$).

Funcționarea paletajului în aceste condiții s-a petrecut fără avarii, lucru ce se datorește tensiunilor de încovoiere foarte joase (80 kg/mm²) admise de firma constructoare la executarea paletelor.

În aceste condiții tensiunile ce apar în palete, în timpul funcționării lor, chiar în condiții de rezonanță nu depășesc limita de oboseală a materialului.

În legătură cu această constanță a caracteristicilor de vibrații ale paletelor în timpul exploatării lor, avînd în vedere funcționarea lor îndelungată (peste 200 000 ore), se pune întrebarea: care este durata de funcționare a paletelor de turbine cu abur.

Răspunsul la această întrebare este legat de rezistența ciclică a materialului paletelor.

Această rezistență ciclică a materialului se determină prin limita de oboseală a lor, care este acea tensiune maximă pe care o suportă materialul la un număr mare de solicitări alternative (cicluri) dat dinainte.

11. Încercările repetate ale paletelor la vibrații

Încercările repetate ale paletelor la vibrații trebuie să fie efectuate:

a) periodic pentru paletele supuse coroziunii și eroziunii;

b) după o repaletare a turbinei;

c) anual cînd se constată o funcționare defectuoasă a paletelor, adică la deschideri se constată ruperi de sîrme de fixare etc.

În adevăr, din exploatare, s-a constat că valorile frecvențelor proprii de oscilație obținute după paletare și apoi după un număr de ore de funcționare diferă între ele:

Astfel, la o turbină de 25 MW s-au făcut măsurători după repaletare și apoi cu ocazia reparației generale programate, obținîndu-se valorile din tabela 1.

Din cele de mai sus reiese că frecvențele oscilațiilor proprii ale paletelor s-au redus. Reducerea frecvențelor poate fi explicată în parte prin slăbirea fixării paletelor provocată de efectul forțelor centrifuge și prin posibilitatea deformațiilor plastice pe seama micilor asperități de pe suprafața de contact a cozilor.

Acest exemplu practic ne arată deci că este foarte important a se executa periodic aceste măsurători de vibrații, deoarece palete reglate corespunzător la montaj din punct de vedere al rezonanței pot cădea cu timpul în această zonă de rezonanță și se pot produce avarii.

12. Cîteva mijloace și reguli de urmat pentru îmbunătățirea caracteristicilor de vibrații ale paletelor

Din cele expuse mai sus rezultă că problema cunoașterii frecvențelor vibrațiilor proprii la palete este de o mare importanță pentru aprecierea comportării lor în exploatare.

Din această cauză, atît în construcția cît și în montarea paletelor se impune respectarea unor măsuri care au ca scop menținerea unui regim al vibrațiilor cît mai departe de rezonanță. Astfel:

— În atelierul de confecționat palete se va avea grijă ca paletele să fie livrate fără muchii ascuțite, fără rizuri de suprafețe, cu găurile pentru sîrme bine rotunjite și cu treceri lente la racordări.

— Cu ocazia repaletărilor se va avea grijă ca paletele să fie montate absolut fixe în canale. Diferențele de încastrare pot modifica frecvențele proprii ale paletelor pînă la 10—15%.

— Atît paletele rotorice, dar în special cele statorice, trebuie să fie montate la distanțe cît se poate de egale.

— Paletele înainte de montare se vor controla bucată cu bucată, vizual și cu lupa și dacă este nevoie și la feroflux. Nu se vor monta în mașini palete dubioase.

— După repaletare se vor executa măsurători de vibrații pentru verificarea împrăștierii frecvențelor, cum și a condițiilor impuse prin calcule.

Foarte des în exploatare, după un anumit număr de ore de funcționare, se constată caracteristici de vibrații nesatisfăcătoare, iar urgența repunerii în funcțiune a grupului reclamă luarea unor măsuri pentru îmbunătățirea situației.

Tabela 1

nr. crt.	nr. disc.	$\frac{fst_{max}}{fst_{min}}$	$\frac{\Delta f}{\%}$	$\frac{K_1}{K_2}$	$\frac{\Delta n_1}{\Delta n_2}$	Durata de lucru	$\frac{fst_{max}}{fst_{min}}$	$\frac{\Delta f'}{\%}$	$\frac{K_1}{K_2}$	$\frac{\Delta n_1'}{\Delta n_2'}$
1	21	354 /382	7,9	7/8	4,8/2,0	0 11000	339/364	7,4	7/8	10,4/8,4
2	22	210,5/220	4,5	4/5	14,8/7,0	0 16480	202/217	7,2	4/5	0,4/6,4

Practica a arătat că în unele cazuri se pot îmbunătăți caracteristicile de vibrații pe loc prin aplicarea unor măsuri prescrise de specialiști în această problemă.

Astfel, la o turbină de 25 MW, după o funcționare de circa 3 000 ore, paletele din oțel inoxidabil ale treptei 26 arătau, ca aspect exterior, bine.

Măsurarea vibrațiilor paletelor a indicat că există o împrăștiere de 20,5% și o rezonanță pe multiplicitate de 5°.

În urma unei atente examinări, s-a constatat desprinderea aliajului de lipit la 22 palete de la 16 pachete diferite.

După ce locurile de desprindere au fost în prealabil curățate și lipite, s-a repetat măsurătoarea frecvențelor și s-a constatat o scădere a împrăștierii frecvențelor pînă la 9,9%, iar distanța minimă de la rezonanță pentru $k = 6$ s-a obținut egală cu 4,7%.

De menționat că îmbunătățirea caracteristicilor vechi nu este totdeauna posibilă prin luarea de măsuri pe loc. Se disting două cazuri principale de funcționare a paletelor :

a) cu defecte constructive, cînd paletele au caracteristici de vibrații nesatisfăcătoare ;

b) paletele nu au defecte constructive, dar unele din pachete, dintr-o cauză oarecare, au caracteristici nesatisfăcătoare.

În primul caz „tratamentul" aplicat repaletării, în condițiile existente în centralele electrice, nu va da rezultate practice și de aceea acest tratament nu este recomandabil.

În al doilea caz „tratamentul" trebuie făcut în funcție de starea paletelor. În acest caz măsurile pot fi diferite, funcție de particularitățile constructive ale paletelor și de modul de fixare a lor pe discuri.

In toate cazurile posibile, nituirea suplimentară trebuie exclusă.

Lipirea și relipirea bandajelor și sîrmelor de consolidare este posibilă.

În fiecare caz izolat, în funcție de starea paletelor și a legăturilor, trebuie efectuată curățirea prealabilă a suprafețelor pe care va fi aplicat aliajul de lipit.

Concluzii

După cum am menționat la începutul articolului, problema cercetării vibrațiilor la paletele turbinelor cu abur este foarte complexă.

Din această cauză, în acest articol nu s-au putut cuprinde toate aspectele problemei, fapt pentru care în viitorul apropiat vom reveni asupra ei atît cu date teoretice cît mai ales cu date practice, culese din măsurătorile de vibrații la palete executate în centralele electrice.

Bibliografie

[1] Levin A. V.: *Rabocie lopatki i diski parovih turbin*, Moscova, Gosenergoizdat, 1953.

[2] Timoschenko S.: *Theorie des vibrations* — Paris-Liège Ed. Béranger, 1947.

[3] Rivoschi U. E.: *Calculul solicitărilor dinamice în palete la admisie parțială a aburului*. Bul. Industriei Sovietice pentru construcția de cazane și turbine, 1946, nr. 5.

[4] Runov. T. B.: *Vibrațiile ispitaniia lopatocinovo apparata parovih turbin na elektrostanțiah*, 1954

[5] * * *: *Diferite încercări practice la Energo-reparații*. București.

Un aparat electronic pentru determinarea frecvenței de rezonanță a paletelor de turbine prin metoda rezonanței forțate

Ing. *GHEORGHE VARADI* și ing. *VALENTIN VLĂDEANU*

I. Considerații generale

Măsurarea frecvenței proprii de oscilație mecanică a paletelor de turbine este o probă profilactică de mare importanță în exploatarea agregatelor energetice. Ea are ca scop prevenirea avariilor datorită oscilațiilor la rezonanță a paletelor, pachetelor de palete sau roților de palete de la turbini sub acțiunea forțelor exterioare, oscilații care pot produce solicitări ce întrec limita de rezistență la care a fost calculat materialul paletelor.

Deoarece frecvența proprie de oscilație a paletelor de turbini suferă schimbări în urma uzurii acestora, controlul ei trebuie efectuat periodic pentru a nu permite funcționarea turbinii într-un regim cu pericol de rezonanță.

Una din metodele de măsură cunoscută, care asigură o măsurare precisă și comodă a frecvenței de rezonanță, este „metoda rezonanței forțate". Metoda necesită o sursă de energie oscilantă de frecvență variabilă, cu ajutorul căreia, paletei studiate să i se poată imprima o mișcare oscilatorie forțată de diferite frecvențe în domeniul frecvențelor care pot avea loc în exploatare. Cu un dispozitiv de măsură adecuat, se urmărește în această plaje de frecvențe amplitudinea de vibrație și frecvența vibrațiilor (paleta poate vibra și pe armonici ale frecvenței de excitație) Cînd frecvența sursei de excitație atinge o valoare egală cu frecvența oscilațiilor proprii ale paletei, are loc un maxim de amplitudine a vi-

brațiilor paletei cercetate precum și coincidența frecvenței de excitație și a celei de vibrație. În același fel se poate studia și comportarea unui pachet sau unor roți întregi de palete.

Aparatajul folosit pentru efectuarea măsurătorilor prin metoda descrisă se compune dintr-un complex de elemente : oscilator de joasă frecvență, amplificator de putere, excitator electromagnetic, traductor de măsură, voltmetru electronic, și oscilograf catodic. Folosirea de elemente distincte implică însă complicații de transport și montaj, ceea ce face foarte incomodă măsurătoarea pe teren. Neexistînd un aparat special, combinat, măsurătorile se puteau efectua numai în condiții de laborator, care nu se pot garanta în orice ocazie. Deasemenea, nici în prospectele firmelor străine nu se indică aparate portative de acest gen.

Aparatul „Turbotest" construit la SREB conține toate elementele necesare măsurării frecvenței de rezonanță prin metoda rezonanței forțate, într-o singură unitate portativă, care prin volumul redus și greutatea scăzută permite ca măsurătorile să se poată efectua în condițiile exploatării. Totodată aparatul permite și folosirea distinctă a elementelor componente ca aparataj de laborator, ceea ce mărește utilitatea lui în instalațiile energetice.

II. Schema bloc a aparatului

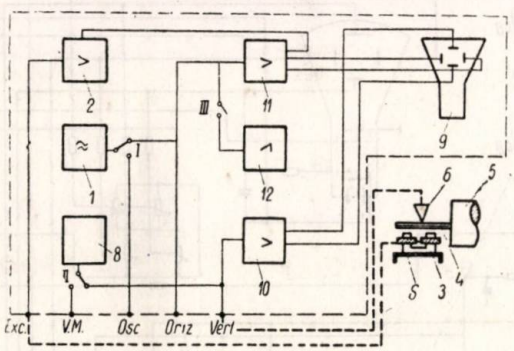


Fig. 1. Schema bloc a aparatului.

În fig. 1 se dă schema bloc a aparatului „Turbotest".

Paleta *4* sau pachetul de palete se fixează într-un dispozitiv de prindere masiv *5*. Roțile cu palete se pot măsura direct pe rotor.

Oscilatorul de joasă frecvență *1*, cu o frecvență variabilă între 20—9 000 Hz, alimentează excitatorul electromagnetic *3* prin intermediul amplificatorului de putere *2*. Excitatorul se fixează în apropierea paletei pe un suport *S*.

Plăcile de deviație orizontală ale osciloscopului catodic *9* sînt și ele racordate la bornele de ieșire ale oscilatorului *1*.

Vibrațiile paletei sînt citite de un traductor electromagnetic sau piezoelectric *6*, care generează o tensiune proporțională ca amplitudine cu amplitudinea vibrațiilor paletei și avînd aceeași frecvență cu acestea. Tensiunea de ieșire a traductorului este măsurată de voltmetrul electronic 8 și de plăcile de deviație verticală ale osciloscopului *9*. Amplificatorii de deflecție ai osciloscopului sînt însemnați cu nr. 10 și *11* iar oscilatorul de baleiaj cu nr. *12*.

Datorită celor două semnale diferite, pe ecranul osciloscopului apar figuri Lissajous. Cînd frecvența oscilatorului coincide cu frecvența oscilațiilor proprii ale paletei, pe ecran apare un cerc sau o elipsă. Totodată, paleta vibrînd la rezonanță, amplitudinile oscilațiilor sînt maxime, iar voltmetrul electronic indică un maxim de tensiune.

La armonicile frecvenței de rezonanță, apar deasemenea maxime la voltmetru, aceste armonice pe osciloscop vor da o imagine cu bucle multiple.

Prin comutatorii *I*, *II*, *III*, generatorul de joasă frecvență, voltmetrul electronic și osciloscopul se pot conecta la bornele de ieșire separate și se pot folosi individual.

III. Particularități constructive

Elementele componente ale aparatului sînt executate pe șasie distincte, îmbinate între ele formînd o unitate compactă.

Aparatul conține următoarele unități constructive (fig. 2) :

1. Un șasiu general, pe care sînt plasate transformatorul de rețea și redresorii, amplificatorul de putere și oscilatorul de joasă frecvență.

2. Partea de osciloscop care conține două șasie ale celor două amplificatoare de deflecție, șasiul oscilatorului de baleiaj și blindajul tubului.

3. Voltmetrul electronic este realizat pe un șasiu separat, fixat pe placa frontală, deasupra instrumentului de măsură.

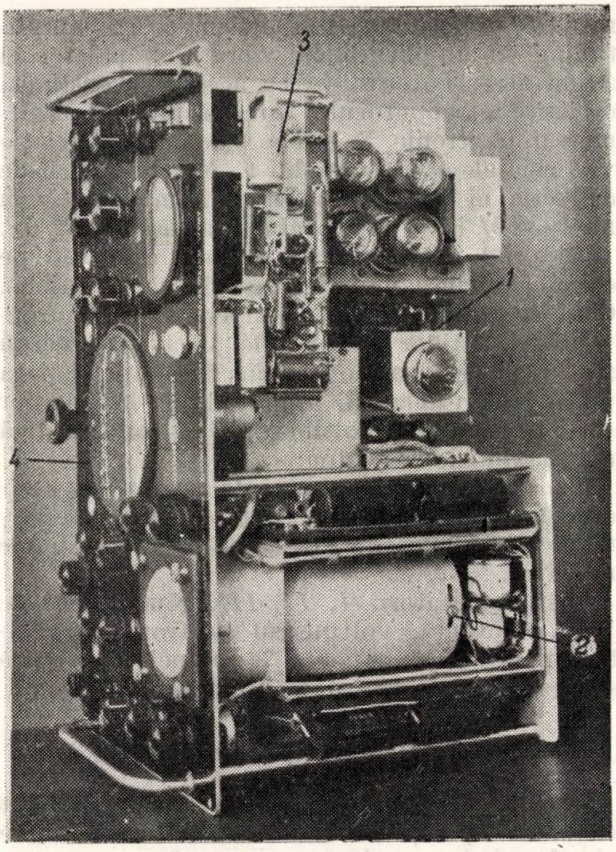
4. Placa frontală, pe care au loc toate elementele de comutare și de comandă precum și instrumentul de măsură al voltmetrului electronic, ecranul tubului catodic și scala oscilatorului de joasă frecvență (fig. 3).

Alimentarea aparatului se face printr-un cordon cu fișă racordat la conectorul din spatele aparatului.

Excitatorul și traductorul se aplică la aparat la două jakuri speciale de pe panoul frontal, prin cordoane flexibile

Pentru o cît mai ușoară depanare, conexiunile interioare ale aparatului s-au făcut prin intermediul unor reglete cu borne la care se pot face toate măsurătorile necesare.

Conexiunile sînt executate de așa manieră, încît se poate desface cu ușurință oricare șasiu și separa elementul pentru depanare, fără a fi necesară deslipirea legăturilor.



IV. Schema aparatului (fig. 3)

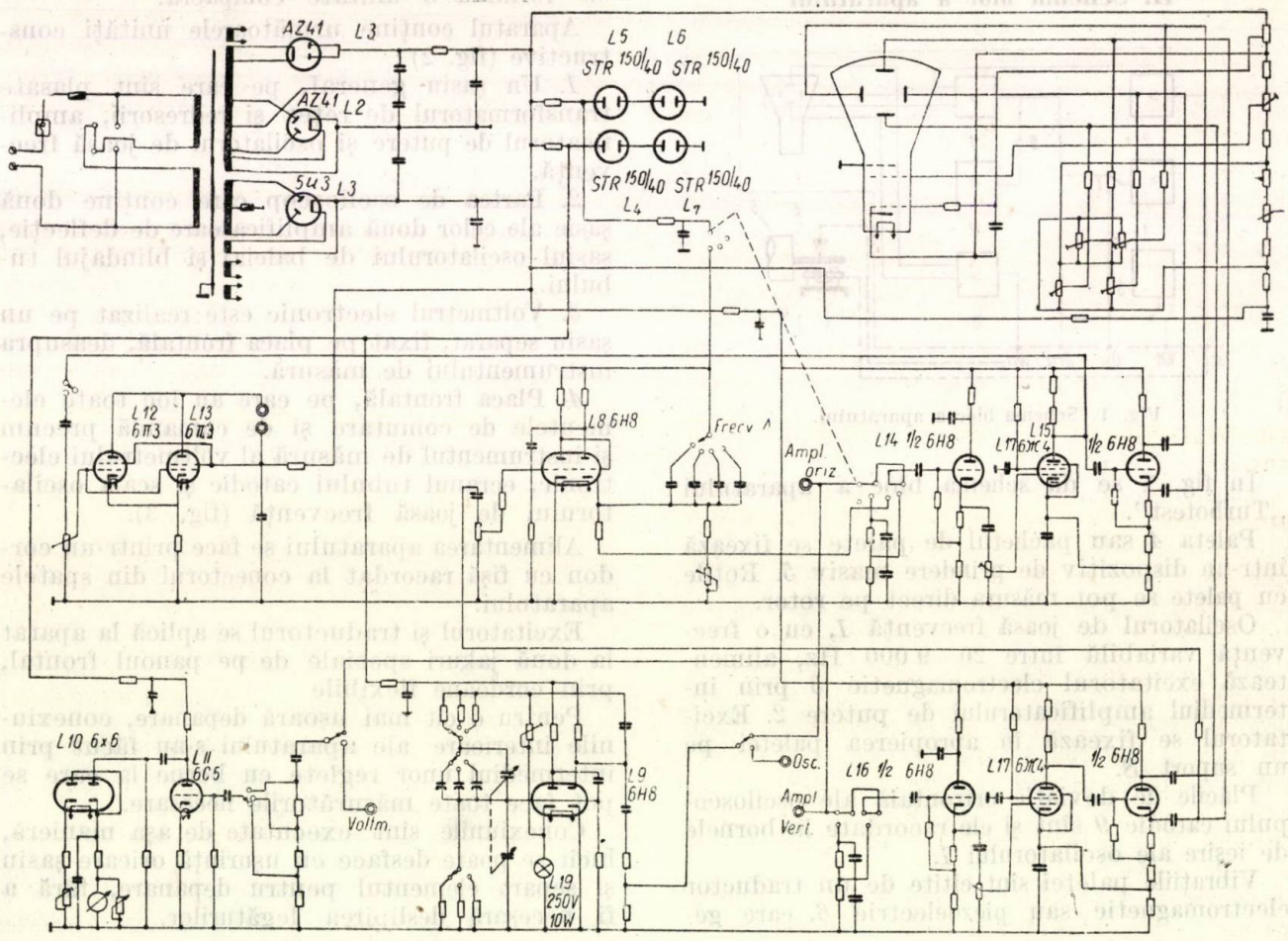
În schemă s-a căutat să se folosească materialul electronic uzual, ușor accesibil în comerț, în caz de nevoie. Tuburile electronice sînt de tip octal, sovietice, cu excepția stabilovoltilor STV 150/40 și a redresorilor pentru potențialul de accelerare al osciloscopului (AZ 41).

Redresorul anodic general folosește ca tub redresoarea 5 T3 care furnizează tensiunea anodică tuturor elementelor schemei, prin intermediul filtrelor de decuplaj corespunzătoare. Tensiunile de alimentare ale oscilatorului de joasă frecvență și voltmetrului electronic sînt stabilizate.

Osciloscopul catodic lucrează cu tubul sovietic LO247, cu ecran de 70 mm., cu deflecție simetrică. Deși nu se folosește direct în măsurătorile de vibrații, s-a prevăzut și un oscilator de baleiaj cu o frecvență reglabilă între 30 Hz — 25 kHz, care permite folosirea tubului catodic ca osciloscop independent. Prin aplicarea unei tensiuni de accelerare mai mică decît cea nominală, s-a obținut o sensibilitate de deflecție mărită față de datele din catalog ale tubului. Acest lucru a fost posibil

← Fig. 2. Construcția interioară a aparatului.

↓ Fig. 3. Schema de principiu.



dat fiind că osciloscopul este destinat în special pentru studierea fenomenelor de frecvență relativ joasă (la măsurarea paletelor, pînă la 9 kHz, iar separat pînă la 100 kHz). La aceste frecvențe, imaginea are suficientă luminozitate pentru a se putea urmări comod. Totodată, sensibilitatea mărită permite exploatarea tensiunii de baleiaj pe porțiunea cea mai lineară. Oscilatorul de baleiaj este un multivibrator cu tubul 6N8.

Amplificatorii de deflecție ai osciloscopului sînt identici, cu corecția caracteristicii de frecvență și de fază, fiind lineari în domeniul 20 Hz — 300 kHz. Ei sînt prevăzuți cu divizori de tensiune la intrare și reglaj fin al amplificării. Cuplajul cu grila primului etaj se face printr-un condensator de 0,1 μF/750V.

Amplificatorii au cîte 3 etaje : 1 repetor catodic, format din o triodă a unui tub 6N8, urmat de 2 etaje de amplificare cu tuburile 6J4 și 1/2 6N8.

Etajul final al amplificatorului de deflecție este un etaj defazor cu ieșire simetrică, cu reacție negativă de curent. Semnalul de ieșire se aplică de la acest etaj plăcilor de deflecție ale tubului catodic, prin condensatori de 0,1μF/1000 V.

Amplificatorul de deflecție orizontală are un dublu rol, el fiind totodată și preamplificator al etajelor de putere ce alimentează excitatorul.

Generatorul de joasă frecvență este un oscilator RC cu punte Wien. Tubul 6N8 este utilizat aici într-un montaj de amplificator de bandă largă cu două etaje. Puntea Wien din schemă asigură prin două ramuri cu circuite RC, o reacție pozitivă selectivă, iar prin celelalte două ramuri, o reacție negativă reglabilă, pentru stabilizarea oscilațiilor. Variația frecvenței de oscilație se obține cu ajutorul unui condensator variabil dublu, de 2 × 500 pF.

Oscilatorul are trei game de frecvență : 20 Hz — 160 Hz, 160 Hz — 1,3 kHz și 1,3 kHz — 9 kHz. În domeniul fiecărei game, frecvența este reglabilă fin cu ajutorul condensatorului variabil.

Tensiunea de ieșire a oscilatorului se poate aplica, printr-un comutator, fie la intrarea amplificatorului de deflecție orizontală, pentru schema de măsurare a frecvenței de rezonanță, fie la bucșa de ieșire individuală pentru a se putea folosi separat ca generator de joasă frecvență.

Amplificatorul de putere alimentează capul de excitație a paletelor. Acesta din urmă este construit sub formă de electromagnet cu cîmp de dispersie puternic (fără jug). Jugul miezului excitatorului îl reprezintă paleta prin care se închide circuitul magnetic. Bobinajul capului de excitație formează sarcina anodică a amplificatorului de putere, care funcționează cu două tetrode cu fascicol 6P3 în montaj paralel, ceea ce asigură totodată și un curent continuu de premagnetizare necesar unei bune funcționări. Tensiunea de comandă a amplificatorului de putere este luată de la anoda tubului 6J4 al amplificatorului deflecției orizontale care servește totodată și ca preamplificator, fiind comandat de generatorul de joasă frecvență. Amplificatorul de putere se poate separa de preamplificator printr-un comutator lăsînd liberă funcționarea osciloscopului separat.

Voltmetrul electronic funcționează într-o schemă obișnuită de milivoltmetru : 1 amplificator de joasă frecvență cu tubul 6C5 urmat de o detecție cu dubla diodă 6X6, cu compensarea curentului inițial. Instrumentul de măsură folosit are o sensibilitate de 40 μA. Comutatorul divizorului de intrare permite măsurarea tensiunilor în domeniile : 0—1 V, 0—10 V și 0—100 V. Voltmetrul electronic este și el comutabil individual sau în cadrul schemei de măsură, cînd măsoară tensiunea traductorului.

V. Performanțe

Sensibilitatea osciloscopului : 100 mV/cm.

Factorul de amplificare al amplificatorilor $K = 120$

Domeniul de linearitate : 20 Hz — 300 kHz.

Frecvența de lucru a generatorului de baleiaj : 30 Hz—25 kHz în patru domenii.

Frecvența de lucru a oscilatorului de joasă frecvență : 20 Hz—9 kHz în trei game : 20—160 Hz, 160Hz—1,3 kHz, 1,3—9 kHz. În intervalul fiecărei game reglaj fin.

Tensiunea de ieșire a oscilatorului : 3V.

Domeniul de măsură a voltmetrului electronic: 0—100 V în trei game. Clasa de precizie 2,5.

Amplificatorul de putere. Putere utilă 4 W la 800 Hz.

Tensiunile de alimentare ale aparatului : 110 și 220 V ± 5%, 50 Hz.

Dimensiunile aparatului : 460 × 260 × 230 mm.

Greutatea aparatului : cca. 15 kg.

Consum de putere : 70 VA.

Bibliografie

[1] Bonci — Bruevici : *Folosirea tuburilor electronice în fizica experimentală.* Ed. Tehnică, 1958

[2] Morton Nadler : *Osciloграful catodic.* Ed. Tehnică, 1956

[3] Morton Nadler: Oscilografickà Měrěni Sntl Praha, 1958

[4] Nicolau E.: *Măsurări în radiotehnică.* Ed. Tehnică, 1956

[5] Pătrașcu E.: *Tuburile electronice și funcțiunile lor.* Editura Tehnică, 1958

[6] Sleahin P. N.: *Rezistența la vibrații a paletelor de turbini cu abur.* E.E.S., 1953.

[7] Saakov O.: *Teoria i rasciot izbiratelnih.* R.C. Sistem. G.E.I., 1954.

[8] Terman-Pettit : *Electronic measurements.* New-York, 1952.

[9] Turicin A.: *Măsurarea electrică a mărimilor neelectrice.*

Echilibrarea statică şi dinamică a rotoarelor de turbine şi de generatoare în C. T. E. Grozăveşti

Ing. *SCHLOTTER FRANCISC* şi *STOIANOVICI NICOLAE*

Grupurile turbogeneratoare din centralele electrice au turaţii ridicate şi mase mari. Dacă aceste mase nu sînt bine echilibrate, atunci în timpul funcţionării lor apar puternice vibraţii, care pot provoca suprasolicitarea lagărelor şi a fundaţiei, constituind astfel izvoare de avariere.

S-a observat în practică la turbine că din cauza vibraţiilor accentuate, care în multe cazuri au avut o amplitudine trecînd peste 0,1 mm, se produc desprinderi de compoziţie de pe palierele de fontă. Acest lucru poate duce la distrugeri grave, pentru evitarea cărora este nevoie de o balansare foarte riguroasă a rotoarelor.

Dezechilibrul maselor în rotaţie ale rotoarelor se poate datora atît defectelor constructive ale acestora, cît şi reparaţiilor ulterioare (înlocuirea paletelor turbinelor, rebobinarea rotoarelor generatoarelor etc.), datorită dimensiunilor geometrice neprecise ale diferitelor organe sau neomogeneităţii materialului din care acestea sînt confecţionate.

Masele neechilibrate ale rotorului provoacă, prin rotire, apariţia unor forţe excitatoare, care tind să modifice starea de echilibru a rotorului în mişcare.

Pentru ca maşina să funcţioneze liniştit, fără vibraţii, este necesar să se execute echilibrarea rotorului.

În cursul efectuării unei reparaţii, trebuie căutat ca indiferent de echilibrarea următoare, să existe un dezechilibru cît mai mic posibil. În raport cu repartizarea maselor dezechilibrate în rotor, se deosebeşte dezechilibrul static şi dezechilibrul dinamic.

Dezechilibrul static

Rotorul ale cărui mase dezechilibrate formează o masă comună, prin rotirea căreia se creează o forţă centrifugă, se consideră static dezechilibrat. În acest caz centrul de greutate al rotorului nu se află pe axa de rotaţie, lucru care poate fi constatat şi în condiţii statice. În timpul funcţionării unui astfel de rotor, apare o forţă centrifugă, care provoacă vibraţii. Pentru anihilarea efectului acestei forţe, trebuie ca în planul de acţiune al acestei forţe să se fixeze o greutate, a cărei mărime şi poziţie să fie astfel alese, încît să producă o forţă centrifugă egală şi de sens opus forţei centrifuge datorită dezechilibrării rotorului.

Prin aplicarea unei relaţii simple din mecanică, se poate constata că echilibrarea statică se obţine atunci cînd momentul masei dezechilibrate a rotorului, în raport cu axa de rotaţie, este egal cu momentul masei de echilibrare, adică $Qr = Q_1.r_1$.

Determinarea fixării mărimii şi poziţiei masei de echilibrare constituie scopul prezentei lucrări.

Fizic, dezechilibrul static va fi reprezentat printr-o mişcare a masei dezechilibrate în jurul axei de rotaţie, dînd naştere la solicitarea lagărelor în aceeaşi direcţie; rotorul tinde să se deplaseze pe linia de acţiune a acestei forţe

În momentul cînd acţiunea forţei excitatoare este îndreptată în sus, ea va tinde să ridice rotorul de pe suport, datorită cărui fapt solicitarea lagărelor sub acţiunea greutăţii rotorului se va micşora; invers, cînd forţa centrifugă acţionează pe verticală în jos, solicitarea lagărului creşte.

Dezechilibrul dinamic

Rotorul ale cărui mase dezechilibrate dau naştere prin rotirea lor la două forţe centrifuge egale, de sens contrar şi situate în acelaşi plan axial, este dezechilibrat dinamic.

În cazul reprezentat în fig. 1, rotorul se află în echilibru static, însă are aplicate două mase dezechilibrate, care, prin învîrtirea rotorului, dau naştere la două forţe centrifuge egale şi de sens contrar şi, în consecinţă, asupra rotorului, care se învîrteşte, acţionează un moment care tinde să îndoaie arborele rotorului şi să-l smulgă din lagăre.

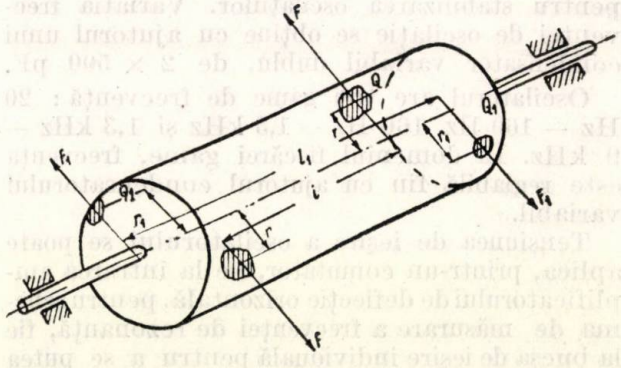


Fig. 1. Acţionarea forţelor în cazul dezechilibrului dinamic.

Pentru a înlătura momentul dinamic al cuplului, care provoacă vibraţia rotorului, este necesar ca în planul de acţiune al acestui cuplu, care trece prin axul de rotaţie, să fie aşezate două greutăţi, ale căror mărime şi loc de fixare trebuie să fie astfel alese, încît ele să creeze un cuplu dinamic echivalent şi de sens contrar.

$$Q.r.i = Q_1.r_1.i_1.$$

Influența dezechilibrului dinamic crește o dată cu mărimea depărtării axiale (a brațului) dintre masele dezechilibrate, și de aceea echilibrarea dinamică este necesară îndeosebi pentru rotoarele lungi, ca rotoarele turbinelor, generatoarelor, pompelor centrifuge etc.

Pentru rotoarele scurte ale turbinelor cu o singură treaptă, a pompelor de condensat, echilibrarea dinamică nu este obligatorie, cu condiția ca să fie executată o echilibrare statică riguroasă.

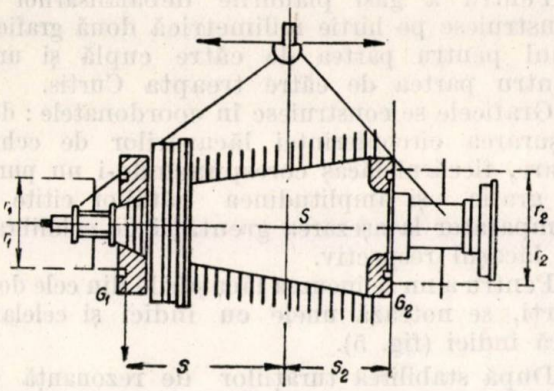


Fig. 2. Stabilirea centrului de greutate al rotorului unei turbine.

În practică nu se întîlnesc dezechilibrări statice sau dinamice luate separat, ci ele întotdeauna sînt combinate, rezultînd astfel o dezechilibrare mixtă.

Această formă a dezechilibrării se caracterizează prin aceea că masele dezechilibrate ale rotorului se rezumă la cuplul de forțe centrifuge caracteristice dezechilibrului dinamic și la forța centrifugă caracteristică dezechilibrului static.

În practică, în cazurile dezechilibrării mixte, echilibrarea se face luînd în parte dezechilibrele respective și echilibrîndu-le, introducînd apoi o corecție între ele, deoarece au o influență reciprocă.

În mod practic, echilibrarea decurge în felul următor :

Rotorul pregătit pentru echilibrare este suspendat în cabluri de oțel în poziție perfect orizontală. Controlul orizontalității se face cu o nivelă de apă așezată pe fusul rotorului.

La orizontalitate perfectă, centrul de greutate al rotorului se află la intersecția axei verticale a cîrligului și a axei rotorului.

Față de axul vertical al cîrligului se măsoară distanțele orizontale S_1 și S_2 (fig. 2) pînă la planurile lăcașurilor de echilibrare.

După această operație, se așază rotorul pe dispozivitul de echilibrare constituit din capre simple de lemn sau dintr-un banc metalic, prevăzut cu șuruburi pentru realizarea orizontalității rotorului.

Pe aceste capre se așază plăci de cauciuc moale, a căror grosime este funcție de greutatea rotorului (pentru rotoarele ușoare se ia circa 40 mm, iar pentru rotoare mai grele 60—80 mm). Cu cît cauciucul este mai moale, cu atît grosimea stratului de cauciuc va trebui mărită.

Deasupra plăcilor de cauciuc se așază butuci de lemn prevăzuți cu un lăcaș pentru așezarea cuzineților, care în majoritatea cazurilor sînt chiar cei demontați din palierele rotorului.

Între butucii de lemn și capre, în spațiul în care se află situate cauciucurile, se introduc niște pene din lemn de brad, care au rolul de a amortiza șocurile primite de butuci în timpul pornirii rotorului (fig. 3).

Așezarea rotorului pe lagăre se face perfect orizontal, controlîndu-se cu nivela de apă acest lucru, deoarece rotorul neavînd nici o fixare rigidă față de bancul de echilibrare, tot sistemul fiind sprijinit numai pe cauciucuri, ar exista posibilitatea de deplasare în timpul balansării rotorului spre partea așezată mai jos, deci un pericol de cădere a rotorului.

Pentru a asigura o peliculă de ulei pe compoziție, se toarnă ulei cu ajutorul unei căni înainte de a lăsa rotorul pe cuzineți.

Pentru a nu da posibilitatea unui joc axial mărit în timpul apariției turației critice, rotorul se „împănează" pe ambele părți cu opritoare improvizate din cupru care se fixează cu ajutorul cuielor de butucii de lemn, lăsîndu-se un joc între umărul respectiv al fusului și opritor de ordinul 0,1 mm.

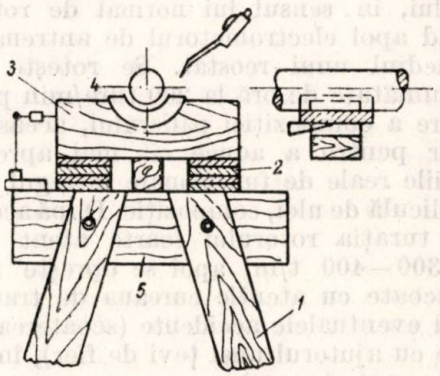


Fig. 3. Așezarea pe capre a butucului, cauciucurilor și penelor de amortizare :
1 — capra de lemn ; *2* — cauciucurile ; *3* — butucul ; *4* — fusul ; *5* — pana de lemn.

În fața butucilor de lemn se vor fixa două comparatoare, cîte unul la fiecare capăt, astfel încît butucii să fie atinși de tijele comparatoarelor, arătînd în starea lor de repaus circa 3—4 mm. Acest lucru este necesar, deoarece, la un dezechilibru mare, nu s-ar putea înregistra valoarea maximă a bătăilor dacă comparatoarele n-ar avea inițial indicarea arătată.

După terminarea acestor operații, se va asigura ungerea fusurilor prin montarea unor pa-

hare de ungere deasupra lor şi se va putea trece la balansarea rotorului.

Motorul necesar de antrenare va fi ales în funcţie de greutatea rotorului, şi anume pentru un rotor de 2 000 kg un motor de 10—12 CP, iar pentru un rotor de 10 000 kg, un motor de 50—55 CP. În cazul rotoarelor diferite în centrală se poate întrebuinţa un singur motor mare care corespunde greutăţii rotorului celui mai greu din uzină.

Cuplajul între motor şi rotor se face cu ajutorul unei curele de transmisie montată astfel între şaiba motorului şi cupla rotorului, încît ea să poată fi scoasă relativ uşor de către personalul care execută echilibrarea în timpul rotirii rotorului (fig. 4).

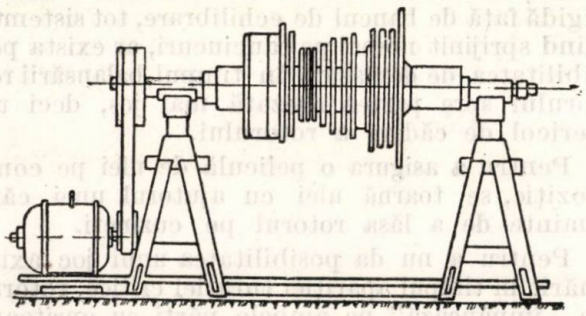


Fig. 4. Aşezarea motorului de echilibrare şi a curelei de transmisiune.

Balansarea se începe prin rotirea manuală a rotorului, în sensul lui normal de rotaţie, şi pornind apoi electromotorul de antrenare prin intermediul unui reostat. Se roteşte rotorul circa jumătate de oră la 200 ture/min pentru o încălzire a compoziţiei palierului, aceasta fiind necesar pentru a aduce cît mai aproape de condiţiile reale de funcţionare întregul sistem : fus, peliculă de ulei, compoziţie. După aceasta, se ridică turaţia rotorului foarte atent pînă la circa 300—400 t/m, apoi se opreşte motorul şi se scoate cu atenţie cureaua de transmisie, evitînd eventualele accidente (scoaterea curelei se face cu ajutorul unei ţevi de fier), în acelaşi timp se scot şi penele.

În timpul scăderii turaţiei se observă acele comparatoarelor, urmărind în acelaşi timp cu tahometrul valoarea turaţiei. În momentul cînd amplitudinea oscilaţiilor lagărelor creşte în mod brusc, atingînd valoarea maximă, apare turaţia critică dinamică. Se notează această turaţie şi valoarea indicaţiilor comparatoarelor. Se urmăreşte mai departe turaţia şi indicaţia comparatoarelor.

La turaţia $\frac{n1}{1,6} \div \frac{n1}{2}$ din turaţia critică dinamică, apare turaţia critică statică, a cărei valoare se va nota împreună cu mărimea amplitudinii maxime apărute la această turaţie.

După trecerea turaţiilor critice, pentru a opri mai rapid se poate improviza o frînă. Înainte de oprirea rotorului se introduc penele la loc.

Fiecare rotor este prevăzut constructiv cu lăcaşuri pentru fixarea maselor de echilibrare. Acestea sînt amplasate pe ambele părţi ale rotorului la raze diferite. La unele turbine lăcaşurile au formă de canale, în care se pot introduce mase de formă specială, iar la altele au formă de găuri filetate (BBC). Găurile sînt în număr de 6—8—10—12—14.

Pentru a găsi planurile debalansărilor se construiesc pe hîrtie milimetrică două grafice : unul pentru partea de către cuplă şi unul pentru partea de către treapta Curtis.

Graficele se construiesc în coordonatele : desfăşurarea circonferinţei lăcaşurilor de echilibrare, fiecărui lăcaş corespunzîndu-i un punct în grafic, şi amplitudinea bătăilor citite pe comparator la aşezarea greutăţii de echilibrare în lăcaşul respectiv.

Pentru a nu se încurca lăcaşurile din cele două părţi, se notează unele cu indici şi celelalte fără indici (fig. 5).

După stabilirea turaţiilor de rezonanţă dinamică şi statică şi după măsurarea amplitudinilor maxime se stabileşte greutatea cu care se începe balansarea, pentru determinarea planurilor de debalansare.

Greutatea folosită în acest scop se calculează cu formula :

$$P = (800 \div 1\,000)\,\frac{a}{r}\ (g)$$

unde :

a este amplitudinea maximă în sutimi de mm ;
r — raza lăcaşurilor în mm.

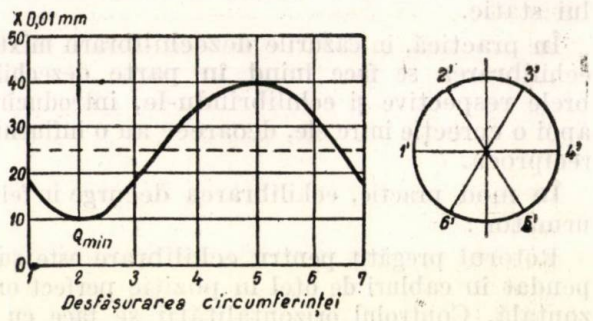


Fig. 5. Graficul pentru determinarea planurilor debalansoarelor.

Greutatea se introduce în lăcaşul nr. 1 pe partea notată cu cifre arabe şi se porneşte rotorul. După atingerea unei turaţii cu 50—60 ture peste turaţia critică dinamică, se scoate cureaua, se scot penele de sub butucii de lemn şi se urmăresc comparatoarele. Se notează valorile comparatoarelor la trecerea prin rezonanţa dinamică şi prin cea statică.

Se trece apoi aceeaşi greutate prin toate celelalte lăcaşuri de echilibrare ale rotorului

pe partea însemnată cu cifre arabe şi apoi pe partea cealaltă, însemnată cu cifre romane. Cu rezultatele obţinute se trasează graficele, care trebuie să fie aproape de o sinusoidă. Punctele de minim ale sinusoidelor vor indica planurile debalansărilor în care se va începe balansarea rotorului. În lăcaşurile apropiate de aceste planuri se vor introduce greutăţi cu valori crescînde pînă la obţinerea unor amplitudini minime la turaţiile de rezonanţă. Ordinea în care se fac cele două balansări, „statică" sau „dinamică", este hotărîtă de valoarea maximă a debalansărilor respective.

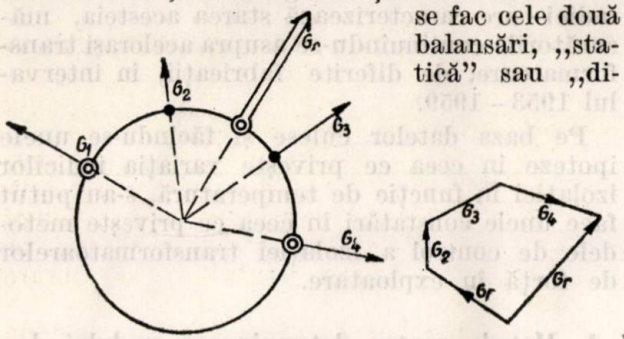


Fig. 6. Poligonul forţelor de compunere a mai multor greutăţi din locaşurile de echilibrare.

În timpul operaţiilor de echilibrare, în multe cazuri, se întîmplă să fie necesară utilizarea mai multor greutăţi în diferite locuri ale capetelor rotorului. Pentru uşurarea echilibrării, aceste greutăţi pot fi înlocuite cu una singură, aplicînd poligonul forţelor cunoscut din mecanica teoretică. Operaţia aceasta se face desenînd-se la scară pe hîrtie milimetrică toate greutăţile şi apoi prin compunerea forţelor se găseşte rezultanta lor ca mărime şi loc de aplicare (fig. 6).

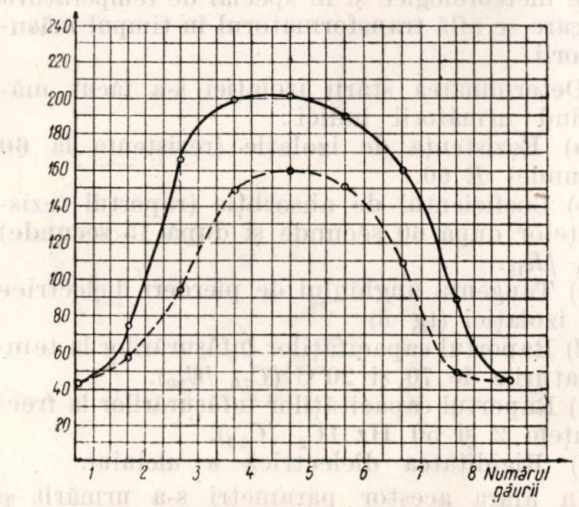


Fig. 7. Graficul „bătăilor" unui rotor BBC, 20 000 kW pe partea de către cuplă:
– debalans dinamic; – – – debalans static.

Pentru precizarea ideilor, se dă mai jos un exemplu complet de balansare a unui rotor de turbină de 20 000 kW cu turaţiile critice $n_{din.} = 240$ t/m; $n_{st.} = 125$ t/m de tip BBC şi avînd opt găuri de balansare.

Numerele cu indicele prim sînt situate la găurile către cuplă, iar numerele fără indice sînt situate la partea către treapta Curtis.

După aşezarea conform indicaţiilor date mai înainte (orizontalitate perfectă, asigurarea ungerii continue, montarea penei de cupru etc), s-a trecut la o încălzire a fusurilor rotorului printr-o rotire în gol circa 40 minute. Rotirea s-a făcut la turaţia 200 rot/min şi după atingerea unei temperaturi a compoziţiei de 35—40° (se încearcă cu mîna) s-a ridicat turaţia la 350 t/m, scoţîndu-se cu cureaua de transmisie penele de amortizare, şi s-au urmărit bătăile comparatoarelor. Greutatea de probă de 380 g a fost plimbată prin toate găurile părţii de către cuplă, rezultînd graficul (fig. 7).

Din grafic se observă că planul ambelor dezechilibre (static şi dinamic) se află situat în dreptul lăcaşului nr. 1, din care motiv s-a început balansarea prin introducerea greutăţilor în acest lăcaş.

Concluzii

În articol se arată o metodă simplă cu ajutorul căreia s-au balansat mulţi ani de-a rîndul rotoarele centralei Grozăveşti, cu personalul propriu şi pe instalaţii improvizate cu posibilităţile centralei.

Succesiunea încercărilor celor mai reprezentative este redată în tabela următoare:

Nr.	Debalansări	Amplitudinea		Poziţia şi mărimea greutăţii
1	Dinamic	20	20	$l' = 480$ g
	Static	30	30	
2	Dinamic	13	12	$l' = 480$ şi $8' = 100$
	Static	20	17	
3	Dinamic	7	7	$l' = 580$ g $6' = 100$ g $6 = 65$g
	Static	4	4	
4	Dinamic	3	3	$l' = 610$ g $6' = 100$ g $6 = 65$g
	Static	6	6	

Cu această metodă s-au balansat de cîţiva ani toate rotoarele uzinei Grozăveşti fără a mai fi necesari specialişti străini.

Bibliografie

[1] Samoilov A. V.: *Vibraţia agregatelor din centralele electrice şi echilibrarea rotoarelor.* Editura Energetică de Stat.

[2] Gavrilă Tujon: *Metode de balansare dinamică şi statică a rotoarelor* Fişa inovatorică nr. 12, iunie 1958.

Metode de control al izolației transformatoarelor în exploatare

Ing. S. SĂNDULESCU, E. SIMIAN, E. MUMJINSCHI, E. MINZĂRESCU

Transformatorul, atît prin rolul pe care îl are, cît și prin costul său ridicat, constituie unul din elementele cele mai importante în instalațiile energetice.

Cu tot progresul tehnic din ultimii 20 de ani, în domeniul construcției acestora transformatoarele rămîn încă elemente vulnerabile în stațiile electrice de transformare, defectarea lor paralizînd alimentarea cu energie electrică și provocînd pagube materiale relativ mari. Din aceste motive transformatoarele se bucură, în exploatare, de o atenție deosebită, condițiile normale de funcționare fiind fixate prin norme și instrucțiuni de exploatare foarte amănunțite.

Se constată însă că respectarea normelor de exploatare obișnuite nu este suficientă pentru prevenirea avariei transformatoarelor, fiind necesar a se urmări și starea izolației și a se interveni în procesul de înrăutățire a acesteia. Într-adevăr, considerînd că asupra fiecărui transformator se efectuează în fabrica constructoare probe cu tensiune mărită, care exclud probabilitatea existenței unor defecte concentrate în izolație, considerînd în plus că atît transportul cît și punerea în funcțiune s-au făcut în bune condiții, există totuși o serie de factori care pot provoca degradarea în timp a izolației, ceea ce are ca rezultat final deteriorarea transformatorului.

Încercările preventive ale izolației au drept scop descoperirea din timp a tendințelor de înrăutățire a izolației, fără a se distruge izolația în cursul acestor încercări.

În R. P R., ca urmare a dezvoltării rapide a electrificării, au fost montate în perioada 1950—1953 un mare număr de transformatoare de puteri cuprinse între 3,2 și 31,5 MVA, cu tensiuni între 6 și 110 kV. Constatîndu-se la acea dată că în urma punerii în funcțiune a acestora fără un control suficient al stării izolației au apărut defecțiuni frecvente, s-a început din anul 1953 o acțiune susținută în ceea ce privește executarea de încercări periodice preventive asupra unor indici caracterizînd starea izolației transformatoarelor.

Deoarece existența unor defecte concentrate în izolație era practic exclusă datorită motivelor expuse anterior, s-a presupus că degradarea izolației se datora umezirii acesteia. Această ipoteză era susținută și de următoarele :

1. Între termenul de livrare a transformatoarelor și punerea acestora în funcțiune exista un interval de 6 ... 12 luni, timp suficient pentru a se produce umezirea izolației.

2. În majoritatea cazurilor, punerea în funcțiune se făcea fără o uscare prealabilă a transformatorului.

3. Unele din fabricile furnizoare nu dispuneau la acea dată de cuptoare pentru uscarea transformatoarelor montate, înainte de a fi umplute cu ulei.

În vederea determinării umezirii izolației transformatoarelor s-a organizat urmărirea unor indici care caracterizează starea acesteia, măsurătorile continuîndu-se asupra acelorași transformatoare, de diferite fabricații, în intervalul 1953—1959.

Pe baza datelor culese și făcîndu-se unele ipoteze în ceea ce privește variația indicilor izolației în funcție de temperatură, s-au putut face unele constatări în ceea ce privește metodele de control a izolației transformatoarelor de forță în exploatare.

A. Metode pentru determinarea gradului de umezire a izolației transformatoarelor

Gradul de umezire a unei izolații electrice nu are o definiție matematică și deci nu poate fi exprimat prin cifre. Pentru aprecierea umidității unei izolații se pornește de la constatarea că între aceasta și o serie de mărimi electrice există o dependență, în sensul că o variație a umidității izolației conduce la o variație a acestor mărimi.

Valorile acestor mărimi sînt dependente și de alți factori : de starea izolatoarelor, de condițiile meteorologice și în special de temperatura la care se află transformatorul în timpul măsurătorii.

Determinarea stării izolației s-a făcut măsurînd următorii indici :

a) Rezistența de izolație (rezistența la 60 secunde) R 60.

b) Coeficientul de absorbție (raportul rezistențelor după 60 secunde și după 15 secunde) R_{60} /R_{15}.

c) Tangenta unghiului de pierderi dielectrice ale izolației (tg δ).

d) Raportul capacităților înfășurărilor la temperaturile de 70 și 20°C (C_{70} /C_{20}).

e) Raportul capacităților înfășurărilor la frecvențele 2 și 50 Hz (C_2 /C_{50}).

f) Rigiditatea dielectrică a uleiului.

În afara acestor parametri s-a urmărit și tangenta unghiului de pierderi dielectrice ale uleiului fiecărui transformator la 5 temperaturi cuprinse între 20 și 100°C.

Se va descrie pe scurt fiecare din indicii indicați.

1. Rezistența de izolație a înfășurărilor transformatorului este un criteriu universal recunoscut în aprecierea stării izolației unui transformator. Determinarea ei se face, pentru toate

transformatoarele cu tensiuni mai mari de 560 V, cu ajutorul unui megometru de 2 500 V. Se măsoară rezistența fiecărei înfășurări față de corpul metalic (masă) și celelalte înfășurări, citindu-se valoarea indicată de aparat după 60 secunde de la aplicarea tensiunii generate de inductor.

2. Coeficientul de absorbție — definit ca raportul rezistenței de izolație măsurate după 60 și 15 secunde ; măsurătoare efectuată o dată cu aceea a rezistenței de izolație și în același mod.

3. Tangenta unghiului de pierderi dielectrice (tg δ) *a izolației înfășurărilor* este un indice care caracterizează starea izolației în general, fiind puțin influențat de existența unor defecte locale. Determinarea lui se face cu ajutorul unei punți de curent alternativ (după schema Schering) la o tensiune de 10 kV, iar pentru înfășurări cu tensiunea nominală mai mică de 10 kV, la tensiunea nominală a înfășurării.

Indicat ar fi ca măsurarea să se facă atît între înfășurări, cît și între înfășurări și masă. De menționat însă că rezultatele ce se prezintă în prezentul articol se referă numai la măsurători efectuate între două înfășurări.

4. Raportul capacității înfășurărilor la două temperaturi deosebite (C_{70}/C_{20}). Este raportul între capacitatea determinată la o temperatură de 70°C a înfășurării și capacitatea determinată la 20°C, pentru aceeași înfășurare. Determinarea se face cu ajutorul aceleiași punți de curent alternativ, ca și la determinarea tangentei unghiului de pierderi și în aceleași condiții.

Deoarece încălzirea transformatorului la o temperatură de 70°C, este dificilă, în unele cazuri, metoda aceasta a fost mai puțin aplicată și de aceea eficacitatea ei nu este analizată în cadrul articolului

5. Raportul capacității la două frecvențe diferite (C_2/C_{50}). Este raportul între capacitatea înfășurării la frecvența de 2 Hz și capacitatea înfășurării la frecvența de 50 Hz, măsurate ambele în aceleași condiții.

Acest indice se bazează pe faptul că în cazul izolației fibroase umede constanta dielectrică variază în funcție de frecvența curentului alternativ, și anume scade o dată cu creșterea frecvenței. Această variație se datorește fenomenului de polarizare din interiorul straturilor izolante.

Determinarea ei se face cu ajutorul unui aparat electronic de construcție proprie (fig. 1).

Principiul de măsură se bazează pe încărcarea obiectului de la o sursă de tensiune continuă, printr-un releu polarizat, excitat de la un multivibrator (cu frecvența de 2 sau 50 Hz). Prin contactele aceluiași releu se produce și descărcarea pe un filtru (în aceeași perioadă), care dă o tensiune continuă, proporțională cu mărimea capacității. Această tensiune se aplică pe grila unui amplificator, prin intermediul unui alt releu polarizat, alimentat cu 50 Hz. Acest releu pe una din poziții aplică pe grilă

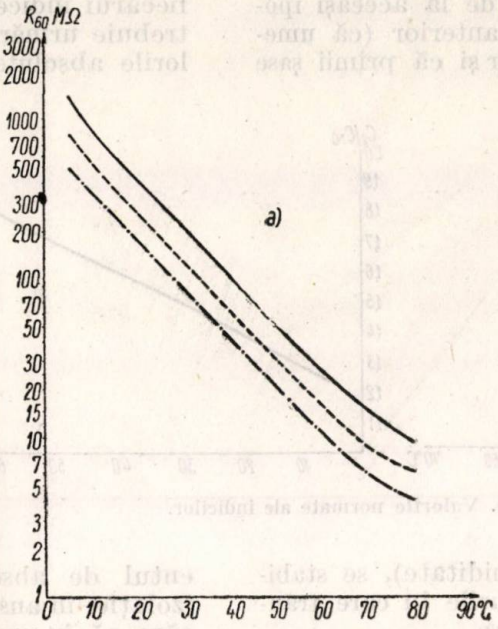


Fig. 1a. Valorile normate ale indicilor.

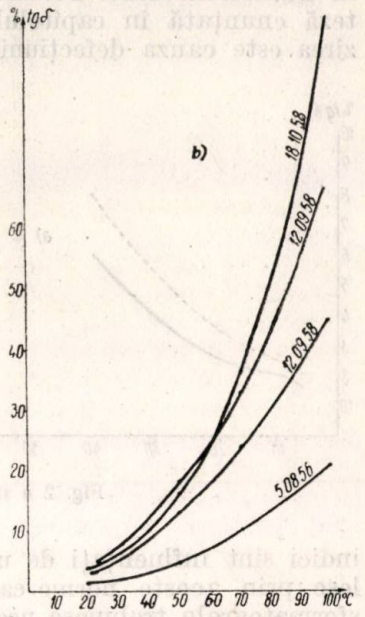


Fig. 1b. Valorile tangentei unghiului de pierderi.

tensiunea de la ieșirea filtrului, iar pe cealaltă poziție, o tensiune continuă, reglabilă printr-un potențiometru.

Egalitatea celor două tensiuni aplicate pe grilă dă un semnal 0 pe intrarea amplificatorului, care se constată pe un indicator electronic de nul.

Măsurarea indicelui C_{20}/C_{50} se face pentru fiecare înfășurare față de corpul metalic al transformatorului (masă), celelalte înfășurări fiind și ele legate la corp.

6. Determinarea rigidității dielectrice a uleiului (kV/cm) definită ca tensiunea de străpungere în kV pentru distanța dintre electrozi de 1 cm. Această determinare a fost făcută local de către personalul stației și în cazul scăderii ei datorită umidității s-au luat măsuri de centrifugare a uleiului. Acest indice nu intră în cadrul considerațiilor din articol.

La acești șase indici, inițial considerați ca necesari pentru stabilirea umidității izolației, s-a adăugat ulterior și un indice ce caracterizează calitățile dielectrice ale uleiului, și anume :

7. Determinarea variației unghiului de pierderi dielectrice ale uleiului în funcție de temperatură. Măsurarea s-a făcut cu ajutorul unei

punți de curent alternativ (schema Schering), cu un vas de porțelan cu electrozi plani, cu diametrul de 5,5 cm și o distanță între ei de 1 cm, la temperaturi de 20, 50, 70 și 100°C, aplicîndu-se o tensiune de 10 kV.

B. Normele romînești privind determinarea umezirii izolației transformatoarelor

În anul 1955 au apărut pentru prima dată în R. P. R. norme care reglementează felul cum trebuie apreciată starea izolației înfășurărilor la transformatoare. Plecînd de la aceeași ipoteză enunțată în capitolul anterior (că umezirea este cauza defecțiunilor și că primii șase

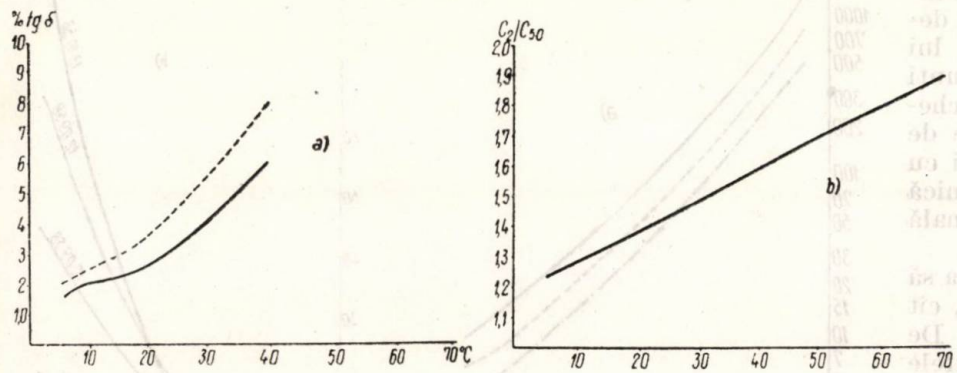


Fig. 2 *a* și *b*. Valorile normate ale indicilor.

indici sînt influențați de umiditate), se stabilesc prin aceste norme cazurile în care transformatoarele trebuiesc uscare.

Se precizează de la început că cea mai eficace interpretare se poate face în cazul cînd există măsurători anterioare. Cînd nu există astfel de măsurători, valorile de comparație sînt date în fig. 1 și 2, stabilindu-se următoarele relații pentru izolație uscată :

1. R_{60} are valori mai mari decît valorile date sau cel puțin 70% din cele anterior măsurate.
2. $R_{60}/R_{15} > 1{,}3$.
3. $C_{70}/C_{20} < 1{,}3$.
4. tg δ (%) are valori mai mici decît cele indicate în fig. 2 a.
5. C_2/C_{50} are valori mai mici decît cele indicate în fig. 2 b
6. E (kV/cm) mai mare decît valorile normate pentru ulei (vezi bibl. 8).

Pentru tg δ ulei nu se normează valori.

Acești indici se împart în două clase :

clasa A R_{60} R_{60}/R_{15} și C_{70}/C_{20}
clasa B tg δ înfășurări și C_2/C_{50}

După normele existente, transformatorul este considerat bun cînd :

1) toți indicii satisfac relațiile 1, 2, 3, 4 și 5 ;

2) cînd cel puțin unul din fiecare clasă satisface relația dată ;

3) cînd ambii indici din clasa B satisfac relațiile 4 și 5, indiferent de valorile celorlalți.

De remarcat că determinarea indicilor trebuie făcută pe cît posibil în aceleași condiții.

C. Prelucrarea datelor obținute prin măsurători

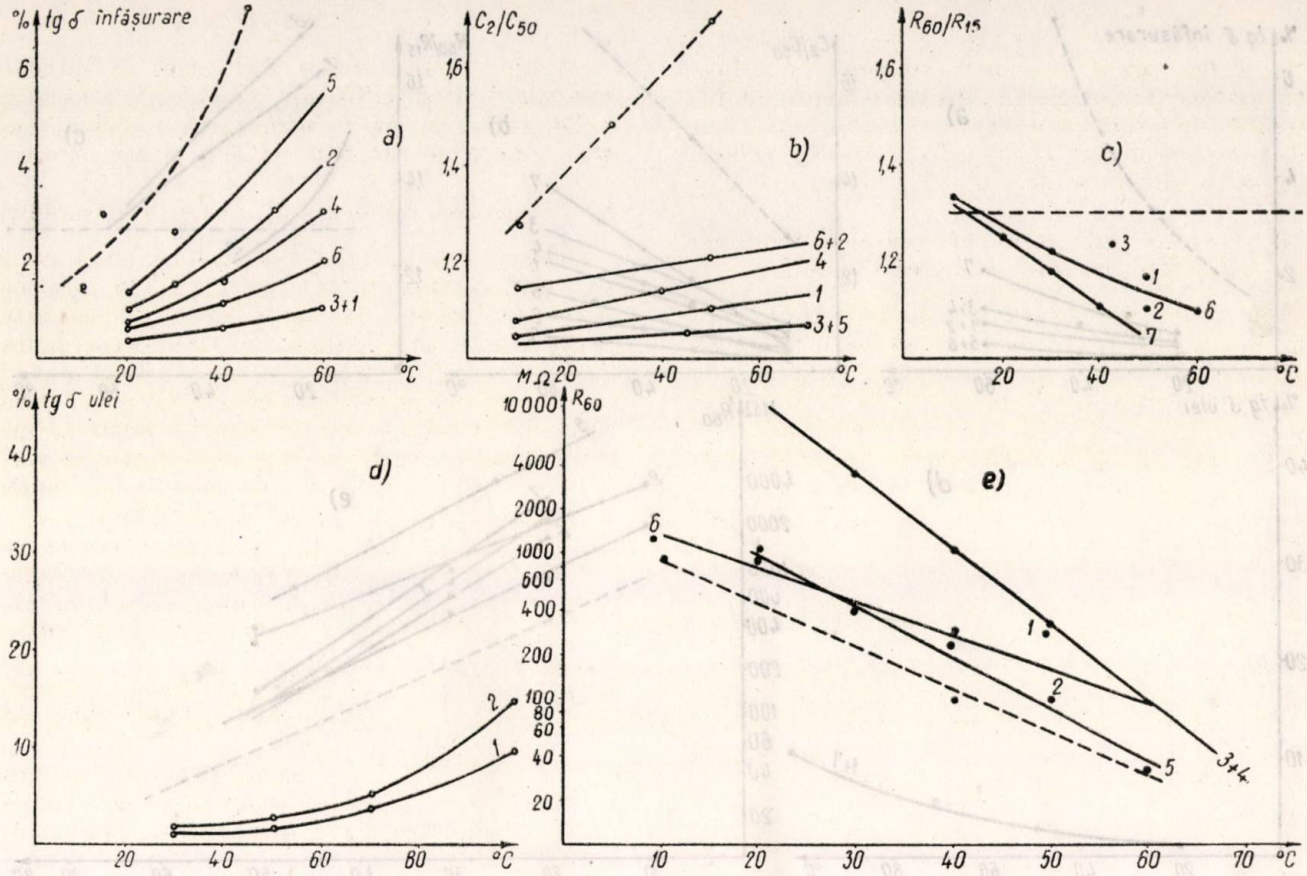
Scopul analizei efectuate a fost acela de a se verifica valabilitatea normelor în ceea ce privește : măsura în care fiecare indice este semnificativ pentru starea izolației, concordanța între concluziile trase pe baza determinării fiecărui indice, numărul necesar de indici care trebuie urmăriți și importanța lor relativă, valorile absolute și alura curbei normate de variație a diverșilor indici cu temperatura.

Analiza efectuată se referă la 166 de transformatoare, asupra cărora s-au făcut într-o perioadă de 6 ani (1953 — 1959) măsurători privind calitatea izolației în ansamblu și unele măsurători asupra uleiului din aceste transformatoare. Măsurătorile au cuprins în majoritatea cazurilor următorii indici : rezistența de izolație, coeficientul de absorbție ; pierderile dielectrice ale izolației în ansamblu și raportul C_2/C_{50}. Remarcăm că în unele cazuri, din diferite cauze, nu s-au putut măsura toți acești indici, astfel încît în diagramele anexe nu apare un număr egal de curbe pentru toate tipurile de măsurători.

Măsurătorile au fost făcute la temperaturi diferite, cuprinse între + 10 și + 70°C, majoritatea făcîndu-se însă la temperaturi de + 30 ..... + 40°C.

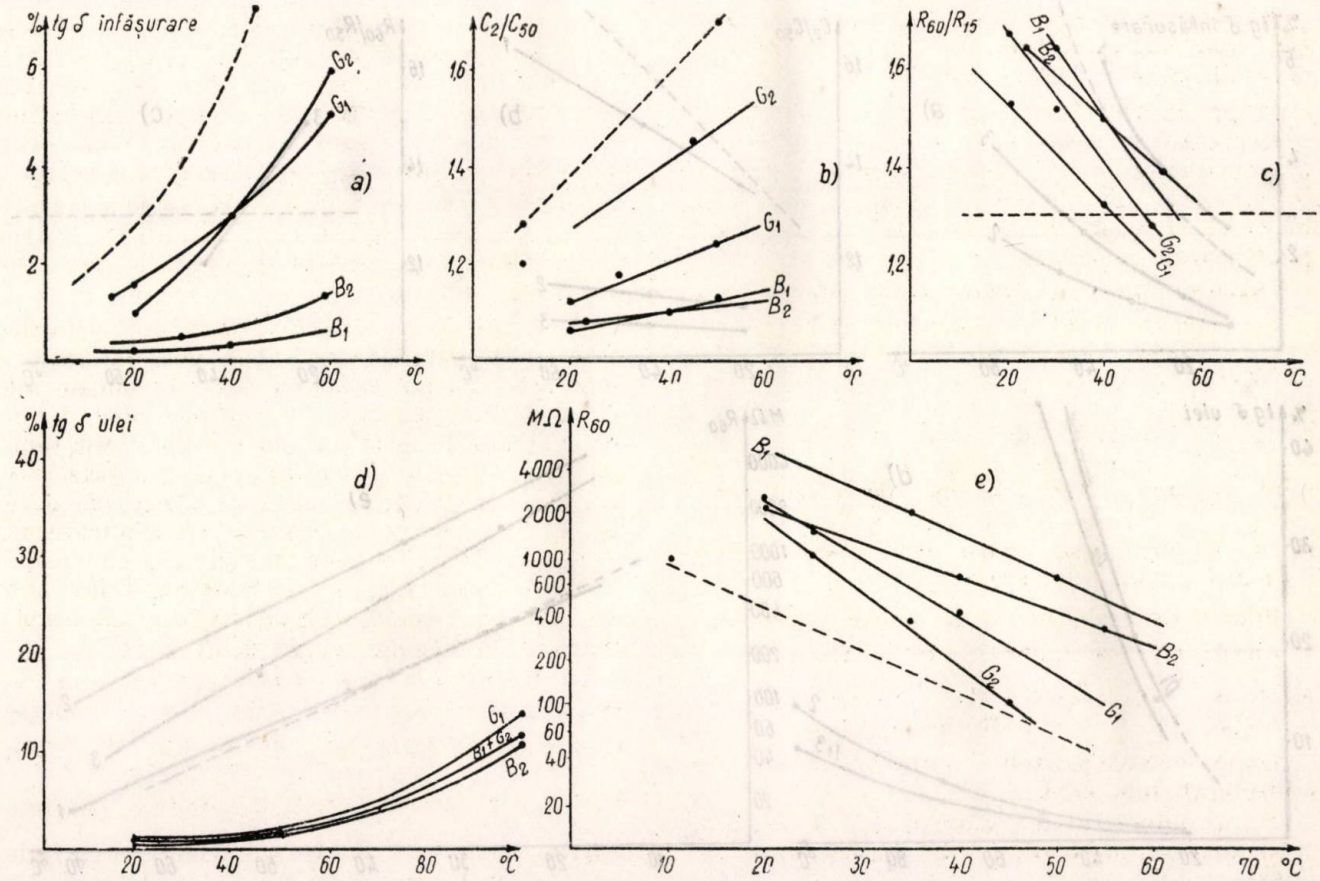
Pe baza măsurătorilor efectuate, centralizate în buletinele-tip de încercare a transformatoarelor, s-au întocmit fișe individuale ale fiecărui transformator, notîndu-se tipul și numărul transformatorului, data măsurătorii, temperatura transformatorului, valorile măsurate pentru fiecare indice, cum și o serie de date biografice importante privind transformatorul, ca : datele eventualelor uscări, ale schimbării uleiului, perioade lungi în care nu a fost sub tensiune etc. Acestea au servit în etapa următoare la întocmirea diagramelor anexate.

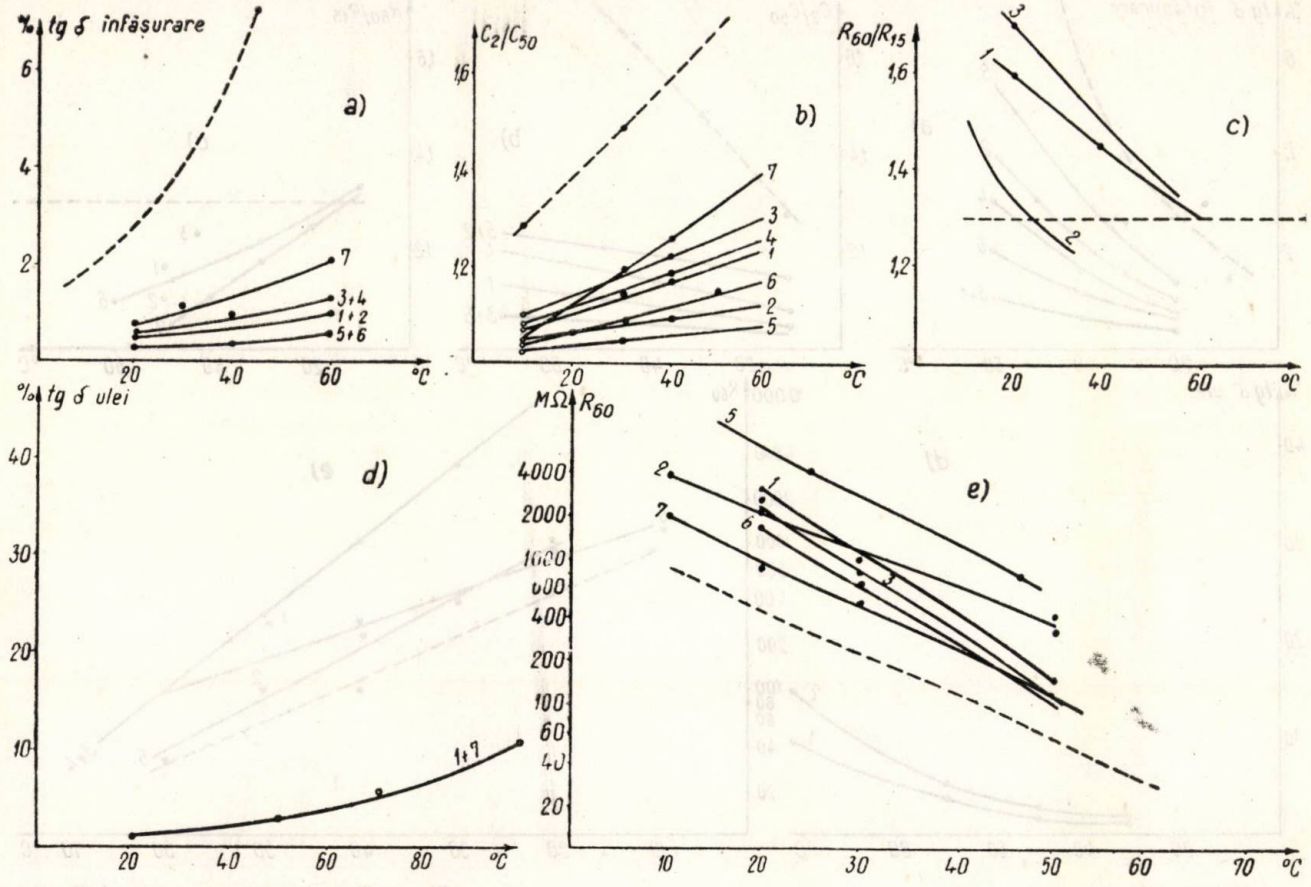
În diagrame s-au reprezentat curbele de variație a diferiților indici în funcție de temperatura transformatorului : $R_{60} = f(\theta)$ $\frac{R_{60}}{R_{15}} = f(\theta)$, tg $\delta = f(\theta)$ și $\frac{C_2}{C_{50}} = f(\theta)$, trasîndu-se cu linie întreruptă curbele valorilor normate și cu linie plină curbele valorilor măsurate. Curbele au



↑ Fig. 3. Transformatoare tip A.

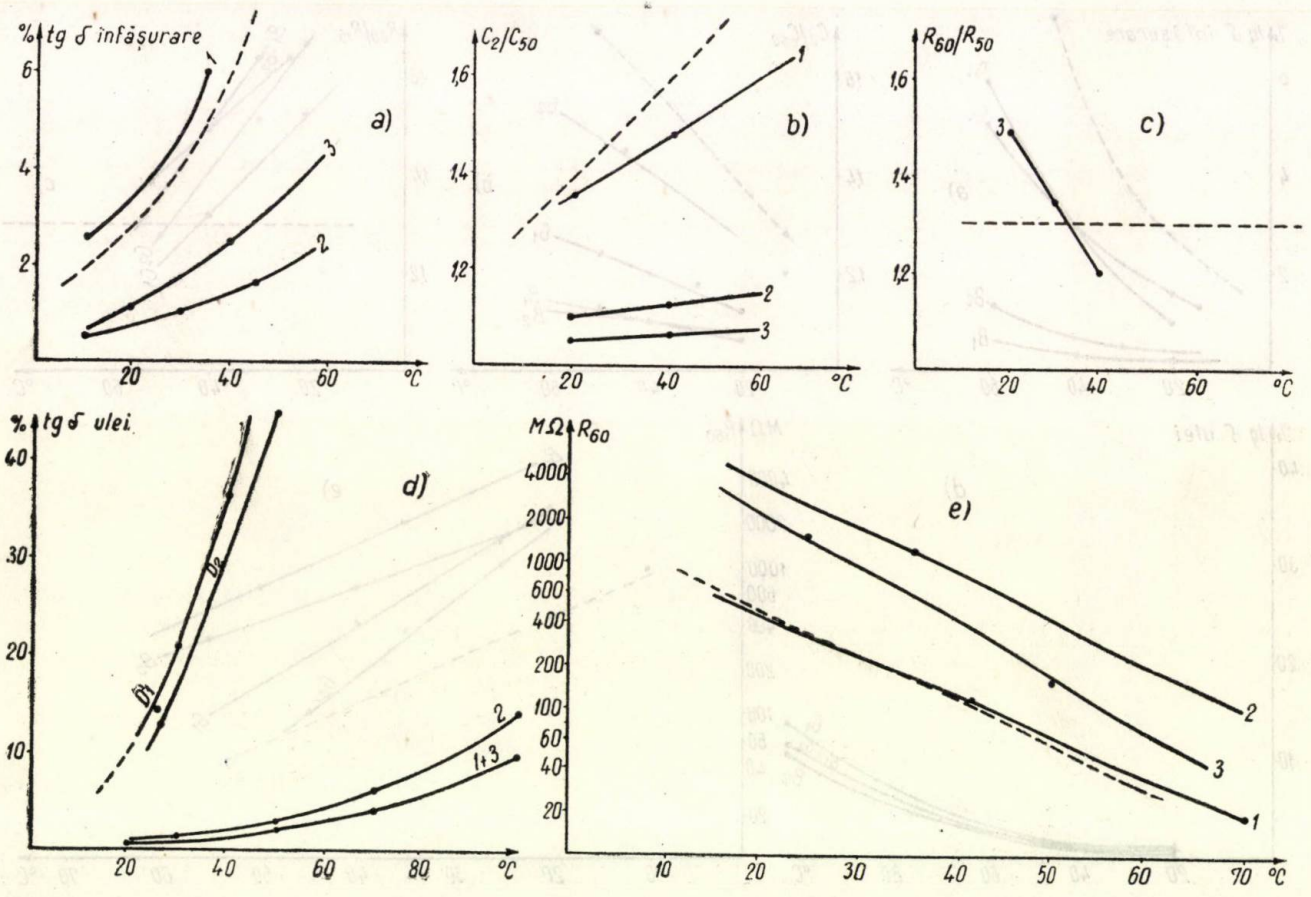
Fig. 4. Transformatoare tip B și G. ↓

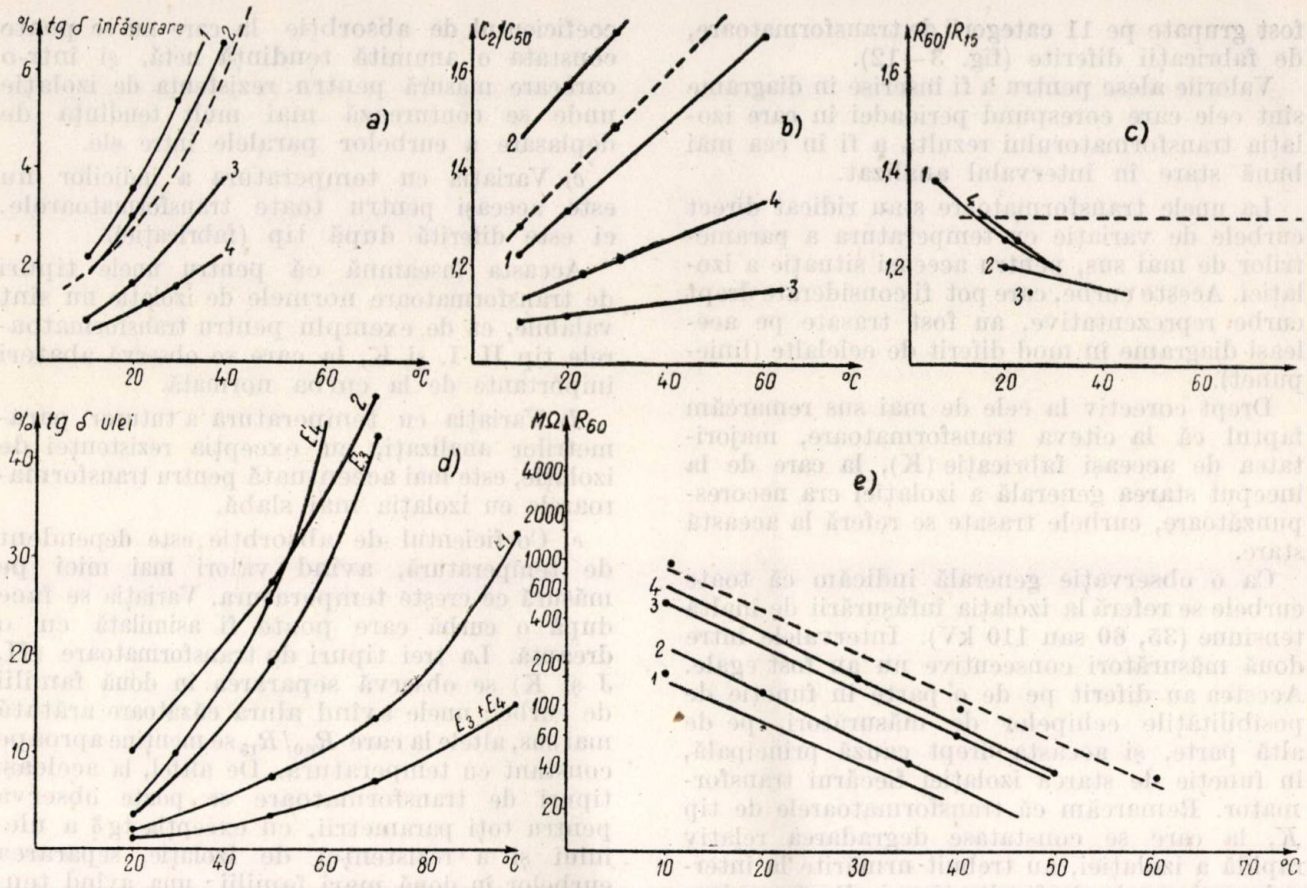




↑ Fig. 5. Transformatoare tip C.

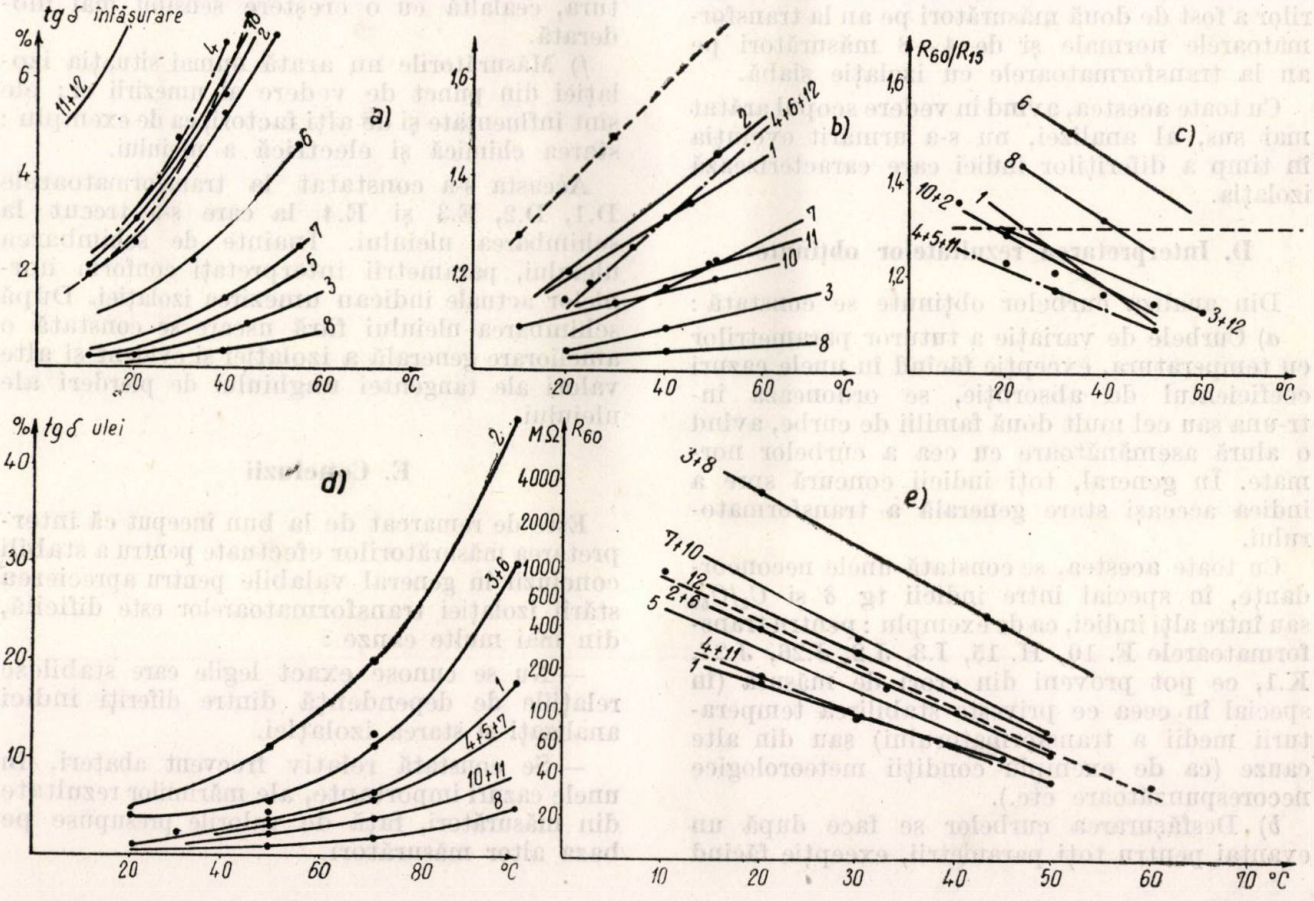
Fig. 6. Transformatoare tip D. ↓





↑ Fig. 7. Tranformatoare tip E.

Fig. 8. Transformatoare tip F. ↓



fost grupate pe 11 categorii de transformatoare, de fabricații diferite (fig. 3—12).

Valorile alese pentru a fi înscrise în diagrame sînt cele care corespund perioadei în care izolația transformatorului rezulta a fi în cea mai bună stare în intervalul analizat.

La unele transformatoare s-au ridicat direct curbele de variație cu temperatura a parametrilor de mai sus, pentru aceeași situație a izolației. Aceste curbe, care pot fi considerate drept curbe reprezentative, au fost trasate pe aceleași diagrame în mod diferit de celelalte (linie-punct).

Drept corectiv la cele de mai sus remarcăm faptul că la cîteva transformatoare, majoritatea de aceeași fabricație (K), la care de la început starea generală a izolației era necorespunzătoare, curbele trasate se referă la această stare.

Ca o observație generală indicăm că toate curbele se referă la izolația înfășurării de înaltă tensiune (35, 60 sau 110 kV). Intervalele între două măsurători consecutive nu au fost egale. Acestea au diferit pe de o parte în funcție de posibilitățile echipelor de măsurători, pe de altă parte, și aceasta drept cauză principală, în funcție de starea izolației fiecărui transformator. Remarcăm că transformatoarele de tip *K*, la care se constatase degradarea relativ rapidă a izolației, au trebuit urmărite la intervale mai scurte decît alte tipuri. Pentru orientare indicăm că frecvența medie a măsurătorilor a fost de două măsurători pe an la transformatoarele normale și de 4—8 măsurători pe an la transformatoarele cu izolație slabă.

Cu toate acestea, avînd în vedere scopul arătat mai sus, al analizei, nu s-a urmărit evoluția în timp a diferiților indici care caracterizează izolația.

D. Interpretarea rezultatelor obținute

Din analiza curbelor obținute se constată:

a) Curbele de variație a tuturor parametrilor cu temperatura, excepție făcînd în unele cazuri coeficientul de absorbție, se ordonează într-una sau cel mult două familii de curbe, avînd o alură asemănătoare cu cea a curbelor normate. În general, toți indicii concură spre a indica aceeași stare generală a transformatorului.

Cu toate acestea, se constată unele neconcordanțe, în special între indicii tg δ și C_2/C_{50} sau între alți indici, ca de exemplu: pentru transformatoarele F. 10, H. 15, I.3, J.2, J.26, J.27, K.1, ce pot proveni din erori de măsură (în special în ceea ce privește stabilirea temperaturii medii a transformatorului) sau din alte cauze (ca de exemplu condiții meteorologice necorespunzătoare etc.).

b) Desfășurarea curbelor se face după un evantai pentru toți parametrii, excepție făcînd coeficientul de absorbție la care nu se poate constata o anumită tendință netă, și într-o oarecare măsură pentru rezistența de izolație unde se conturează mai mult tendința de deplasare a curbelor paralele între ele.

c) Variația cu temperatura a indicilor nu este aceeași pentru toate transformatoarele, ci este diferită după tip (fabricație).

Aceasta înseamnă că pentru unele tipuri de transformatoare normele de izolație nu sînt valabile, ca de exemplu pentru transformatoarele tip H. I. și K, la care se observă abateri importante de la curba normată.

d) Variația cu temperatura a tuturor parametrilor analizați, cu excepția rezistenței de izolație, este mai accentuată pentru transformatoarele cu izolația mai slabă.

e) Coeficientul de absorbție este dependent de temperatură, avînd valori mai mici pe măsură ce crește temperatura. Variația se face după o curbă care poate fi asimilată cu o dreaptă. La trei tipuri de transformatoare (H, J și K) se observă separarea în două familii de curbe: unele avînd alura căzătoare arătată mai sus, altele la care R_{60}/R_{15} se menține aproape constant cu temperatura. De altfel, la aceleași tipuri de transformatoare se poate observa pentru toți parametrii, cu excepția tg δ a uleiului și a rezistenței de izolație, separarea curbelor în două mari familii: una avînd tendința de creștere foarte rapidă cu temperatura, cealaltă cu o creștere sensibil mai moderată.

f) Măsurătorile nu arată numai situația izolației din punct de vedere al umezirii ei; ele sînt influențate și de alți factori, ca de exemplu: starea chimică și electrică a uleiului.

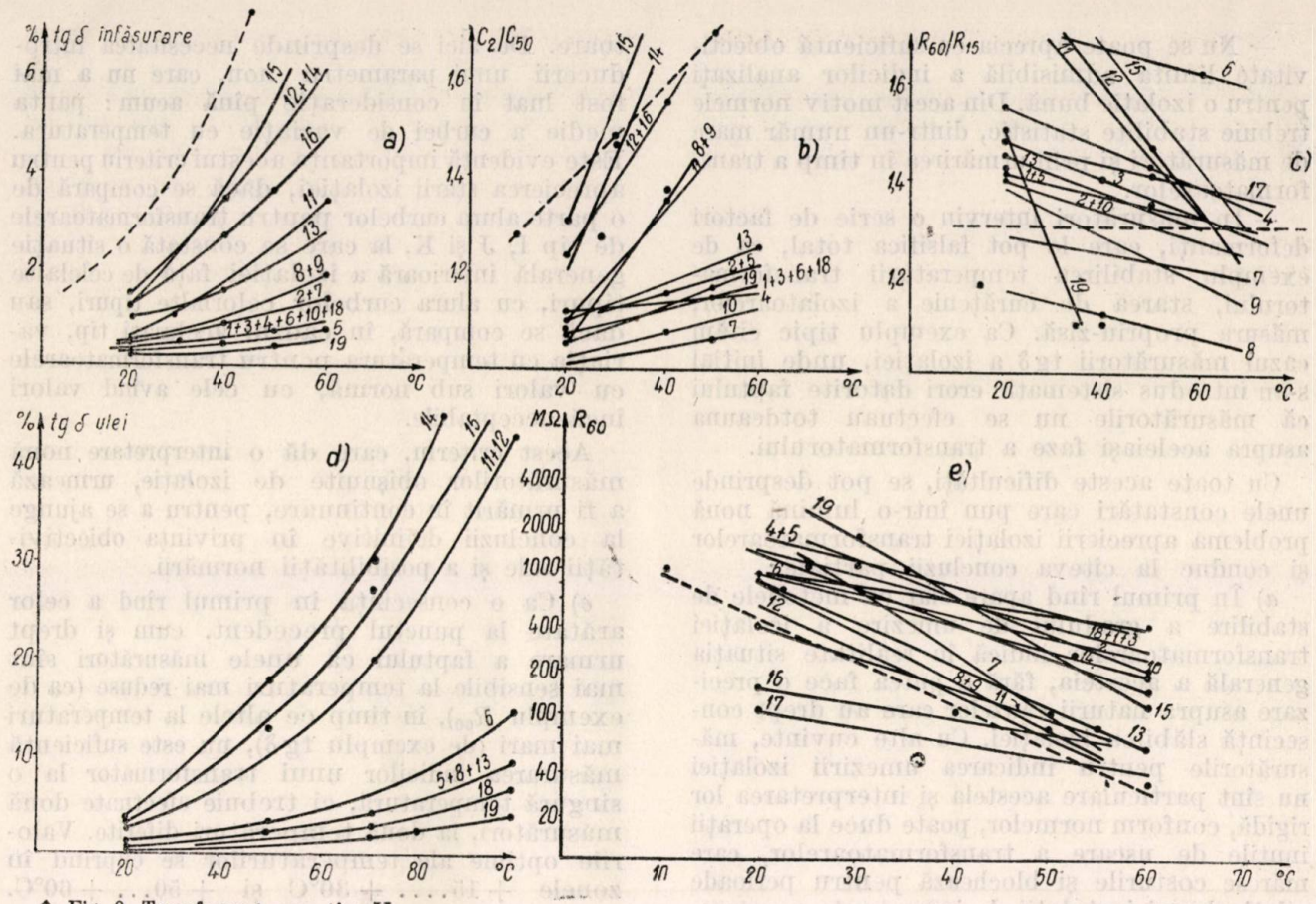
Aceasta s-a constatat la transformatoarele D.1, D.2, E.3 și E.4 la care s-a trecut la schimbarea uleiului. Înainte de schimbarea uleiului, parametrii interpretați conform normelor actuale indicau umezirea izolației. După schimbarea uleiului fără uscare se constată o ameliorare generală a izolației și evident și alte valori ale tangentei unghiului de pierderi ale uleiului.

E. Concluzii

Este de remarcat de la bun început că interpretarea măsurătorilor efectuate pentru a stabili concluzii în general valabile pentru aprecierea stării izolației transformatoarelor este dificilă, din mai multe cauze:

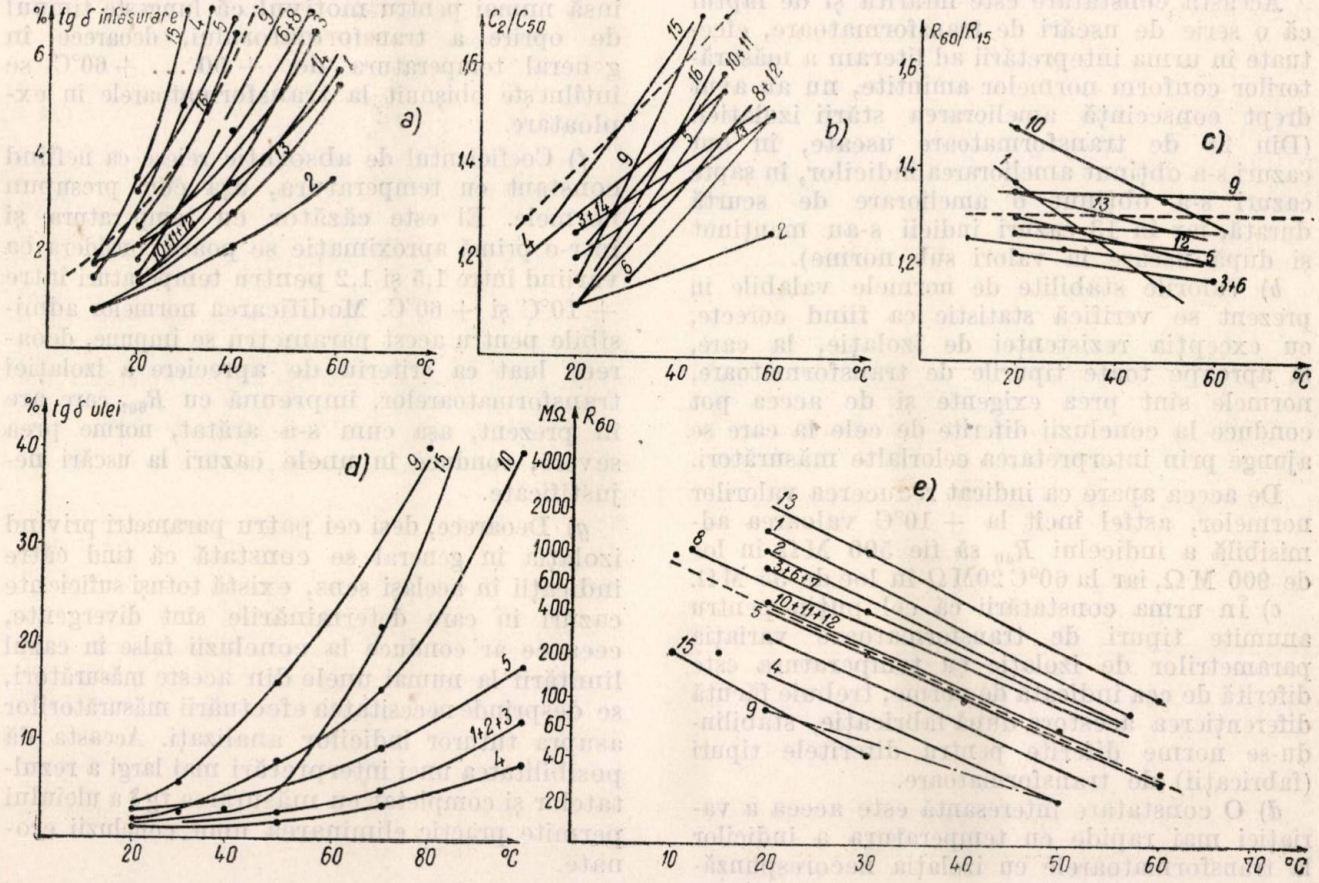
— Nu se cunosc exact legile care stabilesc relațiile de dependență dintre diferiți indici analizați și starea izolației.

— Se constată relativ frecvent abateri, în unele cazuri importante, ale mărimilor rezultate din măsurători, față de valorile presupuse pe baza altor măsurători.



↑ Fig. 9. Transformatoare tip H.

Fig. 10. Transformatoare tip I. ↓



— Nu se poate aprecia cu suficientă obiectivitate limita admisibilă a indicilor analizați pentru o izolație bună. Din acest motiv normele trebuie stabilite statistic, dintr-un număr mare de măsurători și prin urmărirea în timp a transformatoarelor.

— În măsurători intervin o serie de factori deformanți, care le pot falsifica total, ca de exemplu stabilirea temperaturii transformatorului, starea de curățenie a izolatoarelor, măsura propriu-zisă. Ca exemplu tipic citățm cazul măsurătorii tg δ a izolației, unde inițial s-au introdus sistematic erori datorite faptului că măsurătorile nu se efectuau totdeauna asupra aceleiași faze a transformatorului.

Cu toate aceste dificultăți, se pot desprinde unele constatări care pun într-o lumină nouă problema aprecierii izolației transformatoarelor și conduc la cîteva concluzii parțiale :

a) În primul rînd apare clar că metodele de stabilire a gradului de umezire a izolației transformatoarelor indică în realitate situația generală a acesteia, fără a putea face o precizare asupra naturii cauzelor care au drept consecință slăbirea izolației. Cu alte cuvinte, măsurătorile pentru indicarea umezirii izolației nu sînt particulare acesteia și interpretarea lor rigidă, conform normelor, poate duce la operații inutile de uscare a transformatoarelor, care măresc costurile și blochează pentru perioade relativ lungi instalații de importanța acestora.

Această constatare este întărită și de faptul că o serie de uscări de transformatoare, efectuate în urma intepretării ad literam a măsurătorilor conform normelor amintite, nu au avut drept consecință ameliorarea stării izolației. (Din 28 de transformatoare uscate, în opt cazuri s-a obținut ameliorarea indicilor, în șapte cazuri s-a obținut o ameliorare de scurtă durată, iar în 13 cazuri indicii s-au menținut și după uscare la valori sub norme).

b) Valorile stabilite de normele valabile în prezent se verifică statistic ca fiind corecte, cu excepția rezistenței de izolație, la care, la aproape toate tipurile de transformatoare, normele sînt prea exigente și de aceea pot conduce la concluzii diferite de cele la care se ajunge prin interpretarea celorlalte măsurători.

De aceea apare ca indicat reducerea valorilor normelor, astfel încît la + 10°C valoarea admisibilă a indicelui R_{60} să fie 500 MΩ în loc de 900 MΩ, iar la 60°C 20MΩ în loc de 35 MΩ.

c) În urma constatării că cel puțin pentru anumite tipuri de transformatoare variația parametrilor de izolație cu temperatura este diferită de cea indicată de norme, trebuie făcută diferențierea acestora după fabricație, stabilindu-se norme diferite pentru diferitele tipuri (fabricații) de transformatoare.

d) O constatare interesantă este aceea a variației mai rapide cu temperatura a indicilor la transformatoarele cu izolația necorespunzătoare. De aici se desprinde necesitatea introducerii unui parametru nou, care nu a mai fost luat în considerație pînă acum : panta medie a curbei de variație cu temperatura. Este evidentă importanța acestui criteriu pentru aprecierea stării izolației, dacă se compară de o parte alura curbelor pentru transformatoarele de tip I, J și K, la care se constată o situație generală inferioară a izolației față de celelalte tipuri, cu alura curbelor celorlalte tipuri, sau dacă se compară, în cadrul aceluiași tip, variația cu temperatura pentru transformatoarele cu valori sub normă, cu cele avînd valori încă acceptabile.

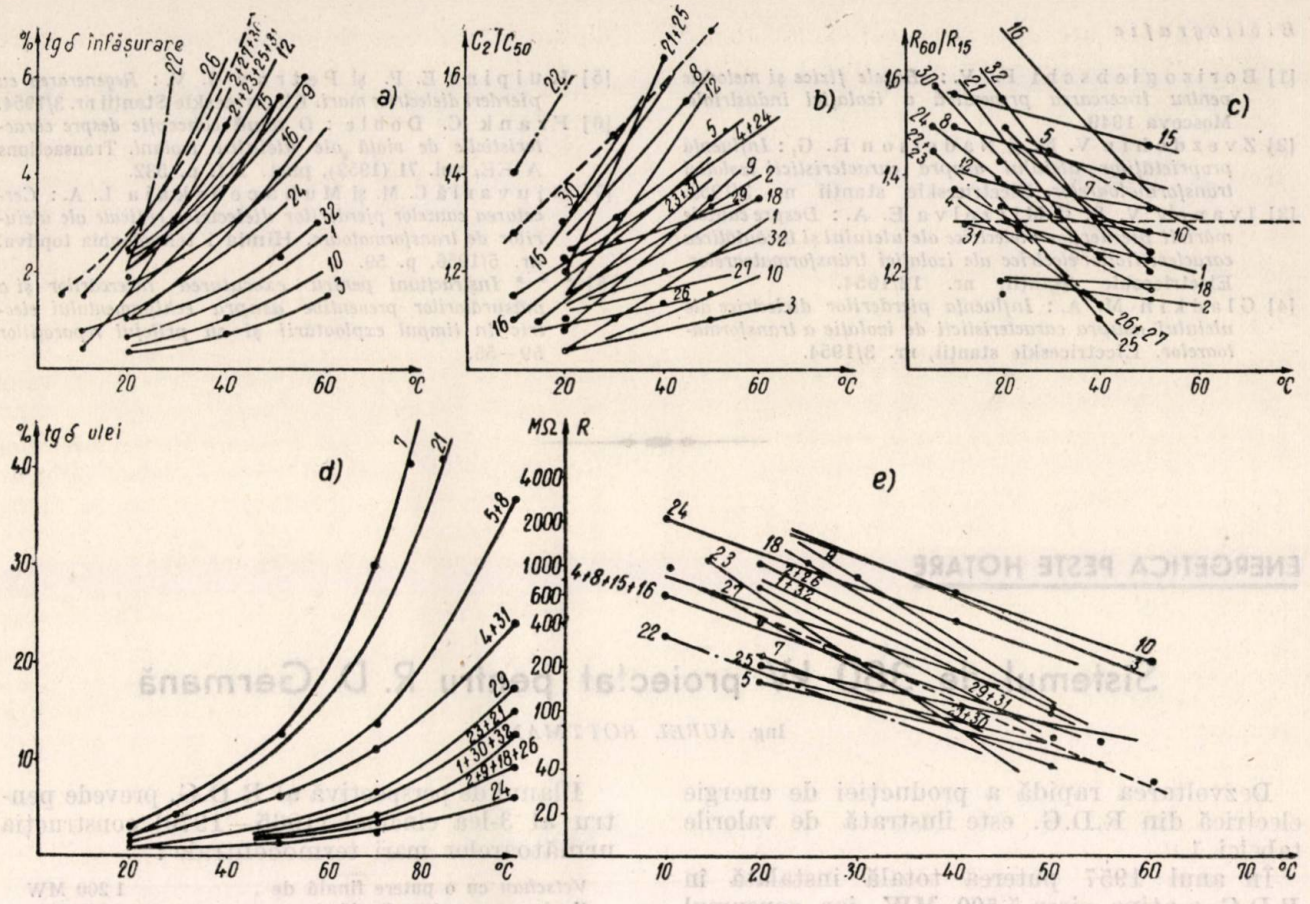
Acest criteriu, care dă o interpretare nouă măsurătorilor obișnuite de izolație, urmează a fi urmărit în continuare, pentru a se ajunge la concluzii definitive în privința obiectivității sale și a posibilității normării.

e) Ca o consecință în primul rînd a celor arătate la punctul precedent, cum și drept urmare a faptului că unele măsurători sînt mai sensibile la temperaturi mai reduse (ca de exemplu R_{60}), în timp ce altele la temperaturi mai mari (de exemplu tg δ), nu este suficientă măsurarea indicilor unui transformator la o singură temperatură, ci trebuie efectuate două măsurători, la două temperaturi diferite. Valorile optime ale temperaturilor se cuprind în zonele + 15.... + 30°C și + 50... + 60°C.

Aceasta introduce o oarecare complicație însă numai pentru motivul că lungește timpul de oprire a transformatorului, deoarece în general temperatura de + 50 ... + 60°C se întîlnește obișnuit la transformatoarele în exploatare.

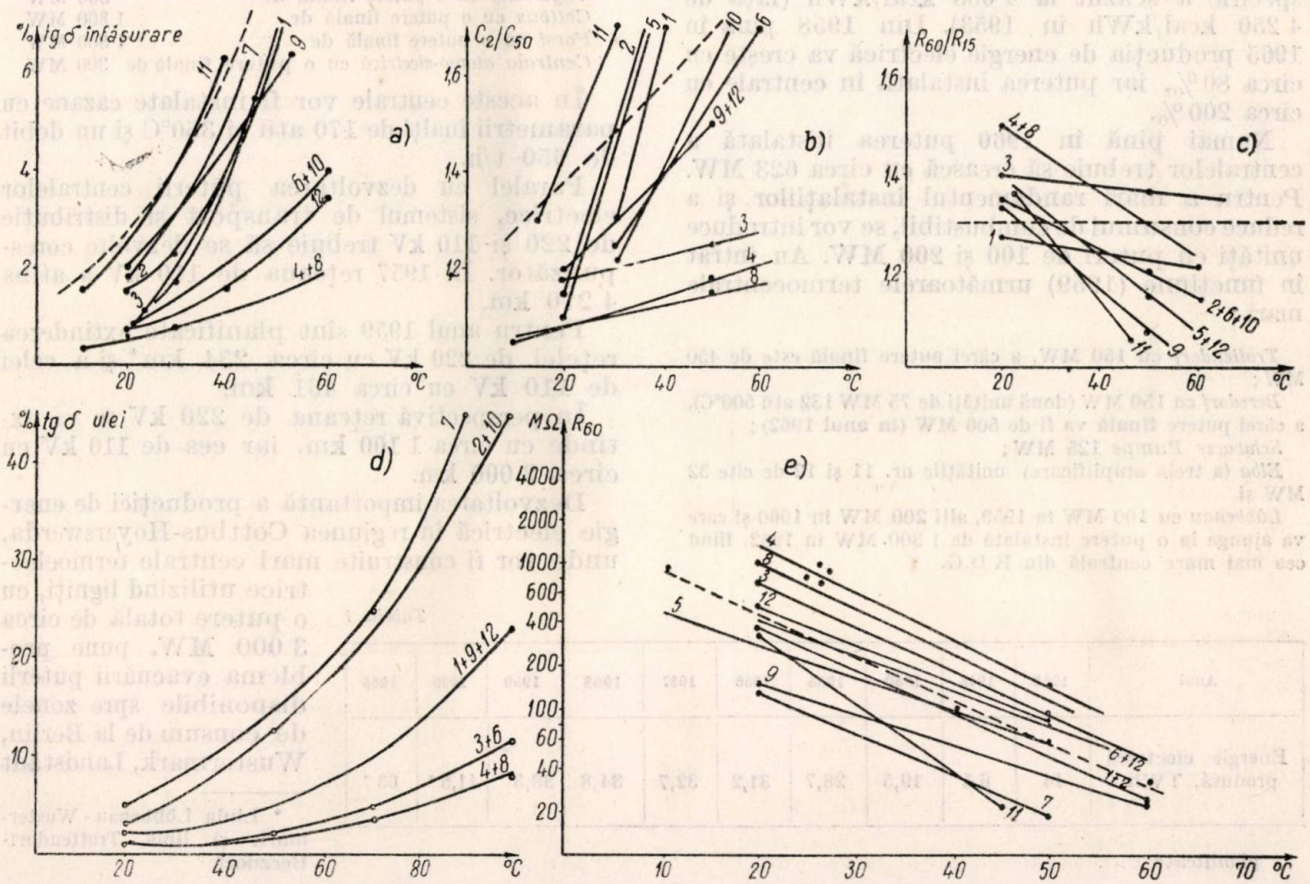
f) Coeficientul de absorbție reiese ca nefiind constant cu temperatura, așa cum presupun normele. El este căzător cu temperatura și într-o primă aproximație se poate considera ca variind între 1,5 și 1,2 pentru temperaturi între + 10°C și + 60°C. Modificarea normelor admisibile pentru acest parametru se impune, deoarece luat ca criteriu de apreciere a izolației transformatoarelor, împreună cu R_{60}, care are în prezent, așa cum s-a arătat, norme prea severe, conduce în unele cazuri la uscări nejustificate.

g) Deoarece, deși cei patru parametri privind izolația în general se constată că tind către indicații în același sens, există totuși suficiente cazuri în care determinările sînt divergente, ceea ce ar conduce la concluzii false în cazul limitării la numai unele din aceste măsurători, se desprinde necesitatea efectuării măsurătorilor asupra tuturor indicilor analizați. Aceasta dă posibilitatea unei interpretări mai largi a rezultatelor și completat cu măsurarea tg δ a uleiului permite practic eliminarea unor concluzii eronate.



↑ Fig. 11. Transformatoare tip J

Fig. 12. Transformatoare tip K. ↓



Bibliografie

[1] Borisoglebschi P. V.: *Bazele fizice şi metodele pentru încercarea preventivă a izolaţiei industriale.* Moscova 1949.

[2] Zvezdchin V. N. şi Nadelson R. G.: *Influenţa proprietăţilor uleiului asupra caracteristicii izolaţiei transformatoarelor.* Electriceskie stanţii nr. 3/1953.

[3] Ivanov V. S. şi Mirzolva E. A.: *Despre cauzele măririi pierderilor dielectrice ale uleiului şi înrăutăţirea caracteristicilor electrice ale izolaţiei transformatoarelor.* Electriceskie Stanţii, nr. 12/1954.

[4] Gladkin M. A.: *Influenţa pierderilor dielectrice ale uleiului asupra caracteristicii de izolaţie a transformatoarelor.* Electriceskie stanţii, nr. 3/1954.

[5] Kulpina E. P. şi Petrov I. V.: *Regenerarea cu pierderi dielectrice mari.* Electriceskie Stanţii nr. 3/1954.

[6] Frank C. Doble: *O nouă concepţie despre caracteristicile de viaţă ale uleiului izolant.* Transactions AIEE, vol. 71 (1952), part. III. p. 532.

[7] Djuvarlă C. M. şi Muhaceoskaia L. A.: *Cercetarea cauzelor pierderilor dielectrice ridicate ale uleiurilor de transformatoare.* Himia i tehnologhia topliva, nr. 5/1956, p. 59.

[8] * * * *Instrucţiuni pentru executarea încercărilor şi a măsurătorilor preventive asupra echipamentului electric în timpul exploatării şi cu prilejul reparaţiilor* 59—55.

ENERGETICA PESTE HOTARE

Sistemul de 380 kV proiectat pentru R. D. Germană

Ing. *AUREL ROTTMAN*

Dezvoltarea rapidă a producţiei de energie electrică din R.D.G. este ilustrată de valorile tabelei 1.

În anul 1957 puterea totală instalată în R.D.G. a atins circa 5 500 MW, iar consumul specific a scăzut la 4 053 kcal/kWh (faţă de 4 250 kcal/kWh în 1953). Din 1958 pînă în 1965 producţia de energie electrică va creşte cu circa 80%, iar puterea instalată în centrale cu circa 200%.

Numai pînă în 1960 puterea instalată a centralelor trebuie să crească cu circa 623 MW. Pentru a mări randamentul instalaţiilor şi a reduce consumul de combustibil, se vor introduce unităţi cu puteri de 100 şi 200 MW. Au intrat în funcţiune (1959) următoarele termocentrale mari:

Trattendorf cu 150 MW, a cărei putere finală este de 450 MW;

Berzdorf cu 150 MW (două unităţi de 75 MW 132 atü 500°C), a cărei putere finală va fi de 500 MW (în anul 1962);

Schwarze Pumpe 125 MW;

Elba (a treia amplificare) unităţile nr. 11 şi 12 de cîte 32 MW şi

Lübbenau cu 100 MW în 1959, alţi 200 MW în 1960 şi care va ajunge la o putere instalată de 1 300 MW în 1962, fiind cea mai mare centrală din R.D.G.

Planul de perspectivă al R.D.G. prevede pentru al 3-lea cincinal (1965—1970) construcţia următoarelor mari termocentrale:

Vetschau cu o putere finală de	1 200 MW
Egeln cu o putere finală de	600 MW
Vogelsang cu o putere finală de	300 MW
Cottbus cu o putere finală de	1 800 MW
Forst cu o putere finală de	1 800 MW
Centrala atomo-electrică cu o putere finală de	300 MW

În aceste centrale vor fi instalate cazane cu parametrii înalţi de 170 atü şi 350°C şi un debit de 650 t/h.

Paralel cu dezvoltarea puterii centralelor electrice, sistemul de transport şi distribuţie de 220 şi 110 kV trebuie să se dezvolte corespunzător. În 1957 reţeaua de 110 kV a atins 4 270 km.

Pentru anul 1959 sînt planificate extinderea reţelei de 220 kV cu circa 234 km* şi a celei de 110 kV cu circa 461 km.

În perspectivă reţeaua de 220 kV se va extinde cu circa 1 100 km, iar cea de 110 kV cu circa 2 000 km.

Dezvoltarea importantă a producţiei de energie electrică în regiunea Cottbus-Hoyerswerda, unde vor fi construite mari centrale termoelectrice utilizînd ligniţi, cu o putere totală de circa 3 000 MW, pune problema evacuării puterii disponibile spre zonele de consum de la Berlin, Wustermark, Landstädt

Tabela 1

Anul	1936	1945	1950	1955	1956	1957	1958	1959	1960	1965
Energie electrică produsă, TWh	14	6,5	19,5	28,7	31,2	32,7	34,8	38,3 *	41,5 *	63 *

* planificate

* Linia Lübbenau - Wustermark şi linia Trattendorf-Berzdorf.

și Kändler. În acest scop nu mai este suficient sistemul de transport de 220 kV și pe baza experienței din U.R.S.S., Suedia și R.F.G. s-a decis să se recurgă la tensiunea de 380 kV. În planul de perspectivă se prevede construcția a 500 km linii de 380 kV începînd din 1960. În legătură cu proiectarea în perspectivă a sistemului energetic s-a ajuns la concluzia că intervalul de 5—7 ani este prea scurt și că etapa de perspectivă trebuie să acopere 12—15 ani, în acest scop fiind necesare date asupra producției și consumului. Acest aspect face de asemenea necesar să se prevadă pentru unele instalații energetice posibilitatea ulterioară de a funcționa la 380 kV.

Schițele de plan făcute pînă în prezent prevăd ca pînă în 1965 să se realizeze la Ragow

A. Linii de transport de 380 kV

Caracteristicile tehnice care au fost alese pentru liniile de 380 kV din R.D.G. sînt următoarele :

Stîlpi — metalici cu dublu circuit tip Dunăre (cu două traverse) cu un singur conductor de protecție.
Conductoare active — OLA1 patru conductoare pe fază cu secțiunea 240/40 mm² Al/01
Conductor de protecție — O1A1 un conductor cu secțiunea 240/40 mm² Al/01
Tensiunea în conductor — 8,125 kg/mm²
Distanța medie — 350 m
Izolatoare : — de tip tijă :
la susținere lanțuri duble compuse din trei izolatoare tijă tip VKLS 75/16 legate în serie ;
la întindere lanțuri triple compuse din trei izolatoare tijă tip VKLS 85/16 legate în serie.
În zone de contaminare izolatoare-tijă speciale tip VKLS 75/21 la susținere și VKLS 85/21 la întindere ;
Fundații — turnate tip bloc pentru fiecare picior.

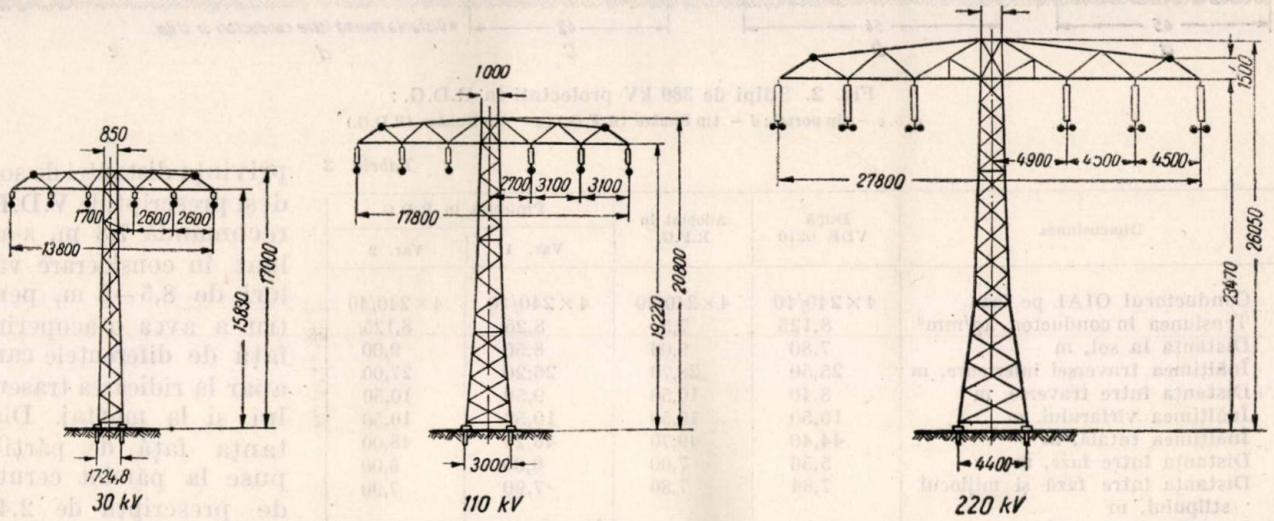


Fig. 1. Stîlpi de înaltă tensiune normalizați în R.D.G.

primul punct important de injecție al sistemului de 380 kV, care să fie legat prin linii de 380 kV cu zonele de consumație amintite mai sus. În stația Ragow vor fi instalate patru autotransformatoare cu puteri de 630—660 MVA unități monofazate.

În cele ce urmează se prezintă o descriere a caracteristicilor tehnice ale liniilor și stațiilor sistemului de 380 kV din R.D.G.

A.1. Stîlpi pentru liniile de 380 kV. În R.D.G. stîlpii pentru 30, 110 și 220 kV sînt tipizați avînd dublu circuit și dispoziția orizontală a conductoarelor (fig. 1). Considerînd caracteristicile stîlpilor construiți în diverse țări (tabela 2), a rezultat că, deși stîlpii cu dublu circuit nu prezintă prea mari avantaje în cazul tensiunii de 380 kV pentru condițiile întîlnite în R.D.G. — ținînd cont de necesitatea economiei de trasee —, este indicată adoptarea unui tip de stîlp cu dublu circuit.

Tabela 2

Țara	Numărul de circuite	Conductoare pe fază O1AL mm²	Puterea naturală, MW/circuit	Deschiderea medie, m	Greutatea stîlpului de susținere t	Greutatea stîlpilor pe km și circuit t	Tipul stîlpului
Suedia	1	2×525/68	460	330	7,7	28,8	Portal
U.R.S.S.	1	3×480/60	520	430	7,6	28,3	Portal
R.F.G.	2	4×240/40	600	530	15	30	Dunăre
R.D.G.	2	4×240/40	600	350	11,8	24	Dunăre
Franța	1	2×235/86	430	500	15,5	30	Delta
Anglia	2	2×428/55	—	365	11,35	22	Butoi
Finlanda	1	2×570/65	530	340	5,2	15,7	Portal

În cercetările preliminare s-a ales un tip de stîlp portal cu dispoziția orizontală a conductoarelor (fig. *2*, *a*, *b*, *c*) cu sau fără suport intermediar. Lungimea mare a traversei și deci, implicit, a portalului care depășea 40 m, cum

și greutatea relativ mare a traversei au impus să se renunțe la acest tip de stîlp, care ar fi necesitat și coridoare de defrișare extrem de largi. S-a cercetat ulterior un tip de stîlp asemănător construcțiilor tipizate pentru tensiuni mai mici (fig. 3).

S-a renunțat la această construcție, pe de o parte, pentru că lungimea traversei depășea de asemenea 40 m și necesita culoare mari de defrișare și în al doilea rînd ar fi fost necesar ca stîlpii speciali (de întindere și colț) să fie făcuți de tip portal. În aceste condiții a fost ales pînă la urmă un stîlp de tip Dunăre (fig. 2, *e*) similar în linii mari cu cel ales în R.F.G. (fig. 2, *d*). În privința dimensiunilor, acestea au fost alese cu o oarecare acoperire în raport cu prescripțiile VDE și în genere mai mici decît cele adoptate pentru stîlpul tip R.F.G. În privința distanței de sol, deși prescripțiile V.D.E. recomandă 7,8 m, s-au luat în considerare valori de 8,5—9 m, pentru a avea o acoperire față de diferențele care apar la ridicarea traseului și la montaj. Distanța față de părțile puse la pămînt cerută de prescripții de 2,49 m impunea să se aleagă o distanță între traverse la 8,4 m.

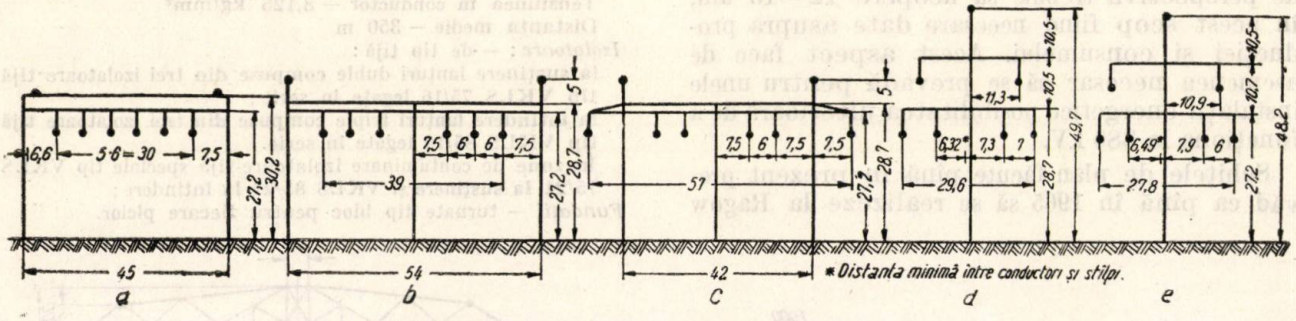


Fig. 2. Stîlpi de 380 kV proiectați în R.D.G.:
a, b, c — tip portal; *d* — tip Dunăre (R.F.G.); *e* — tip Dunăre (R.D.G.)

Tabela 3

Dimensiunea	După VDE 0210	Adoptat în R.F.G.	Proiectat în R.D.G.	
			Var. 1	Var. 2
Conductorul O1A1 pe fază	4×240/40	4×240/40	4×240/40	4×240/40
Tensiunea în conductor, kg/mm²	8,125	7,5	8,25	8,125
Distanța la sol, m	7,80	9,06	8,50	9,00
Înălțimea traversei inferioare, m	25,50	28,70	26,20	27,00
Distanța între traverse, m	8,40	10,50	9,50	10,50
Înălțimea vîrfarului, m	10,50	10,50	10,50	10,50
Înălțimea totală, m	44,40	49,70	46,20	48,00
Distanța între faze, m	5,56	7,00	6,00	6,00
Distanța între fază și mijlocul stîlpului, m	7,84	7,80	7,90	7,90
Lungimea traversei, m	26,80	29,60	27,80	27,80
Greutatea stîlpului de susținere, t	10,5	15	11,5	12,1
Costul stîlpului montat, %	100	140	110	115
Costul pe km, %	100	113	103	105

Gabaritele efectiv alese în cele două variante de stîlp în raport cu cele impuse de prescripțiile V.D.E. și cele adoptate în R.F.G. sînt arătate în tabela 3.

Ca stîlpi speciali au fost alese cinci tipuri de stîlpi de susținere sub și supraînălțați de la S—2,5 pînă la S+10 m și două tipuri de stîlpi de întindere și colț, unul pentru unghiuri de 180—150° și al doilea pentru unghiuri de 150——120°. La aceste tipuri distanța între traverse (consolе) a fost coborîtă la 9 m; în schimb, pentru tipul IC 120, distanța fazei la mijlocul stîlpului a fost mărită la 8,8 m.

Stîlpii liniilor de 380 kV din R.D.G. vor avea următoarele greutăți:

- susținere 12,1t
- întindere (traversare) 24 t
- întindere și colț 180—150° 26,5 t
- colț 150—120° 29 t.
- terminal de colț 21 t.

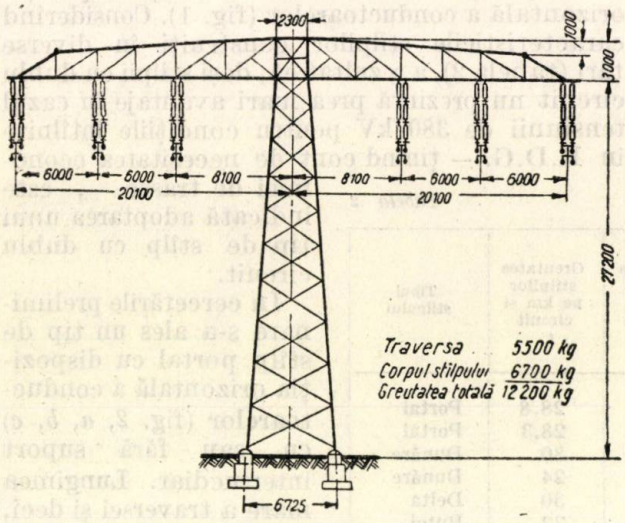


Fig. 3. Stîlp de susținere pentru 380 kV cu dispoziție orizontală a conductoarelor.

În acest fel, primii 130 km de linie de 380 kV vor prezenta o greutate a stîlpilor de circa 43 t/km.

A.2. Conductoare active și de protecție. Experiența bună obținută în R.D.G. la linii de 220 kV cu conductoare fasciculare a făcut să se aibă în vedere de la început acest tip de conductoare.

A rămas problema să se decidă între adoptarea a două conductoare fasciculare pe fază ca în Suedia, trei conductoare fasciculare pe fază ca în U.R.S.S. sau patru conductoare ca în R.F.G.

S-au ales conductoare fasciculare cîte patru pe fază pentru a putea utiliza secțiuni standardizate (240 O1A1) și pentru a putea funcționa în condiții economice într-o etapă inițială la tensiunea de 220 kV (utilizînd un fascicul cu două conductoare). În felul acesta și trecerea ulterioară la 380 kV se poate face fără dificultăți.

Fasciculul are o distanță de 40 cm între conductoare, fiind ținut cu piese de distanță la fiecare 60 m. Deschiderea medie aleasă este de 350 m, iar cea de calcul 385 m. Tensiunea maximă admisă în conductoare, conform prescripțiilor V.D.E., este de 11 kg/mm². Această tracțiune trebuie redusă la traversări la 75% și a fost micșorată (ținînd seama că pe majoritatea traseului linia trece prin zone dens populate) la o valoare de 8,125 kg/mm² adoptată pe toată linia. Deși această valoare este mai mică decît 8,25 kg/mm² = (0,75 × 11 kg/mm²), s-au putut adopta în acest fel la întindere lanțuri triple în loc de lanțuri cuadruple.

Conductorul de protecție a fost ales de tip similar cu cel activ (240/40 O1A1) pentru a ameliora protecția liniilor de telecomunicații și a îmbunătăți tensiunea de atingere și de pas. Priza de pămînt de tip inelar s-a ales astfel ca să aibă o rezistență maximă de 20 Ω. În punctele periculoase s-au prevăzut prize dublu inelare. Conductorul de protecție este dispus astfel încît să asigure un unghi de protecție de 3,00.

A.3. Izolatoare și armături. Problemele ridicate de contaminarea izolației în zone industriale (cu depuneri de praf și reziduuri), cum și necesitatea de a micșora numărul de avarii au făcut necesar să se aibă în vedere numai izolatoare de tip tijă, care sînt rezistente la străpungeri. În acest scop a fost realizat pentru susținere un nou tip de izolator-tijă V.K.L.S. 75/21, care, fără a prezenta o lungime mărită față de tipurile anterioare, are un număr mărit de 21 de palarii și un diametru de 195 mm și prezintă caracteristici de conturnare ameliorate. La întindere se utilizează un tip de izolator-tijă întărit V.K.L.S. 85/21 cu dimensiuni similare, cu excepția diametrului, care este de 205 mm.

În zone care nu prezintă pericol de depuneri se utilizează un izolator-tijă cu 16 palarii V.K.L.S. 75/16 respectiv V.K.L.S. 85/16. Lanțurile de susținere sînt duble și sînt compuse din trei izolatoare-tijă în serie. Lanțurile de întindere sînt triple și de asemenea sînt compuse din trei izolatoare-tijă legate în serie. Lanțurile de izolatoare sînt protejate cu armături speciale fabricate la Radebeul și care se compun din inele terminale și intermediare și coarne de protecție. Aceste armături au fost încercate împreună cu lanțurile de izolatoare la laboratorul din Behovice în C.S.R. Forma constructivă specială a armăturilor are drept scop: *1*) să amelioreze repartiția tensiunii de-a lungul lanțului; *2*) să influențeze forma cîmpului în vecinătatea dinspre conductor; *3*) să amelioreze nivelul de zgomot al cîmpului de la suprafața armăturii; 4) să stabilizeze (fixeze) punctul de aplicație al axului electric și să ferească solicitarea izolatorului (în special cea termică); *5*) să asigure întinderea direcțională a arcului care să ducă la ruperea sa.

Lungimea totală a lanțului de susținere din punctul de fixare pe consolă pînă în axul conductorului este de 4 923 mm.

A. 4. Fundații. Pentru primele linii se au în vedere patru fundații turnate la fiecare stîlp (pentru fiecare montant cîte o fundație). Studiile sînt în curs pentru a determina dacă nu este util să se recurgă în viitor la fundații prefabricate sau fundații pe piloni amplasate în teren prin metode mecanizate.

Fundațiile de susținere ale unui stîlp vor necesita circa 35 m³ beton (patru fundații) iar pentru întindere circa 120 m³.

B. Stații de transformare de 380 kV

Problema de bază care s-a pus la proiectarea stațiilor de 380 kV a fost alegerea schemei.

În fața proiectanților existau două soluții de schemă:

— cu două întreruptoare pe celulă;

— cu bară de transfer.

Prima soluție este, fără îndoială, mai elastică, însă este foarte scumpă. Pe de altă parte, experiența de exploatare în R.D.G. pledează pentru folosirea barelor de transfer, care permit utilizarea întreruptorului de pe cuplă ca întreruptor de rezervă pentru orice celulă. În acest fel se micșorează lungimea stației de 380 kV, deoarece utilizarea a două întreruptoare pe celulă implică lungimi de desfășurare mai mari. În schimb lățimea celulei este mai mare cu circa 2 × 37 m, deoarece barele de transfer necesită o lățime de 37 m, și există două bare de transfer pe cele două fronturi ale stației. O secțiune prin stație avînd într-o parte o plecare și în partea cealaltă o celulă de transformator este arătată în fig. 4. Barele de transfer se observă că ocupă lățimi de 37 m. Lățimea totală a ambelor celule este de ordinul a 300 m.

Au fost alese separatoare cu două coloane montate în tandem. S-a preferat acest tip separatorului cu o coloană (fip foarfece) deoarece acesta din urmă necesită un reglaj mai precis, o stabilitate mai mare a contactului de pe conductoare și în consecință implică puncte de susținere a conductoarelor mai dese și mai rigide și deschideri mai mici. Aceasta revine a utilizarea unui număr mai mare de izolatoare și de portali pentru susținere. Aceste dezavantaje s-a considerat că nu compensează avantajele oferite de separatorul cu o coloană și care constau în spațiul redus și o separare mai bună a părților sub tensiune.

În stație vor fi montate patru transformatoare de 630 MVA și întreruptoare cu o putere de rupere de 15 000 MVA. La fiecare două transformatoare este prevăzută o unitate monofazată de rezervă, care poate înlocui oricare din transformatoarele de pe fază care suferă o avariere. Conectarea transformatorului de rezervă se face prin intermediul unei baze auxiliare.

S-a considerat necesar ca să se prevadă un reglaj prin transformatoare de reglaj separate de unitățile principale. Atît transformatoarele principale cît și cele de reglaj sînt prevăzute cu înfășurare terțiară de 30 kV, care asigură reglajul transversal cu $\pm 60°$. Deoarece se are în vedere posibilitatea înlocuirii fie a întregului bloc compus din transformatorul principal și cel de reglaj, fie numai a transformatorului de reglaj, barele auxiliare de 30 kV trebuie să fie dotate cu o mulțime de separatoare care să permită executarea diverselor manevre. Pentru a nu apărea greșeli de conectare, se are în vedere automatizarea conectării transformatorului de rezervă.

Deoarece în prezent o serie de stații de 220 kV care se constituie vor trebui să funcționeze în viitor la 380 kV, se pune de la început problema prevederii spațiilor necesare, a racordurilor de șosea și cale ferată corespunzătoare unor stații de 380 kV. Utilizarea a două unități de transformatoare pe bloc (transformator principal și de reglaj) a ridicat problema tipului constructiv al racordului de cale ferată, și anume un singur racord amplasat între cele două transformatoare sau două racorduri separate.

Prima soluție este mai ieftină, însă pune condiții grele pentru legăturile de 30 kV.

Pentru stație au fost alese conductoare de O1A1. S-a considerat util ca să existe un singur tip de conductor și s-a ales O1A1 537/53 mm² atît pentru ramificațiile de la transformator cît și pentru barele de 220 kV; pentru barele de 380 kV se folosește același conductor jumelat.

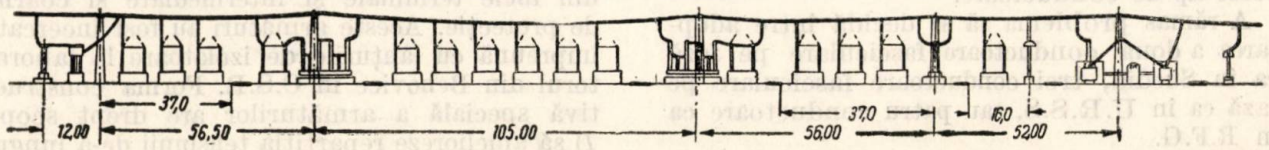


Fig. 4. Secțiune printr-o stație de 380 kV (proiectată în R.D.G.).

S-a pus condiția de asemenea ca separatoarele de 380 kV să aibă cleme care să permită racordarea a 3—4 conductoare fasciculare.

O serie de probleme legate de utilaj, telecomandă, măsură, mijloace de compensare etc. nu au fost încă complet rezolvate și sînt actualmente în fază de proiectare.

Bibliografie

[1] ***: *In der Deutschen Demokratischen Republik wird das Volk zur Triebkraft des geselschaftlichen Fortschritts* Energietechnik 8 (1958), nr. 7, p. 293/300.

[2] Rösel W.: *Sozialistische Rekonstruktion im Bereich des VVB* Verbundwirtschaft Energietechnik 9 (1959) nr. 8, p. 337/340.

[3] Hinckelmann H.: *Die Perspektiven der Energiewirtschaft in der Deutschen Demokratischen Republik* Energietechnik 9 (1959), nr. 1, p. 1/2.

[4] Unger L.: *Die Aufgaben der Brennstoff und Energiewirtschaft in der Deutschen Demokratischen Republik im Jahre 1959* Energietechnik 9 (1959), nr. 4, p. 153/56.

[5] ***: *Das 400 kV Programm in sozialistischen Gemeinschaftsarbeit sichern* Elektrie, 13 (1959), nr. 8, p. U73.

[6] ***: 380 kV Probleme. Energietechnik 9 (1959), nr. 7, p. 331/3.

[7] Grosspetzc H.G.: *Die Plannung der* 380 kV — *Leitungen in der Deutschen Demokratischen Republik* Energietechnik 9 (1959), nr. 8, p. 353/58.

[8] Lotsch F.: *Wahl eines zweckmässigen Mastbildes für* 380 kV *Tragmaste in der Deutschen Demokratischen Republik.* Energietechnik 8 (1958), nr. 6, p. 251/54.

[9] Schmidt O.H.: *Ein neuer schmutz Langstabizolator Die Technik* (Messensonderheft 1954) *Die Notwendigkeit von Schutzarmaturen in neuzeitlichen Höchstspannungsnetzen* Energietechnik 8, (1958), nr. 4.

[10] Morgenstern G.: *Die Notwendigkeit von Lichtbogenschutzarmaturen an Freileitungsizolatoren* Energietechnik 9 (1959), nr. 2, p. 85/90 34 r.b.

[11] Schönberg H.: *Lichtbogen — Schutzarmaturen für* 380 kV Freileitungen Elektrie 13 (1959), nr. 7, p. 233/35

[12] Steinbach C.: *Gesichtpunkte bei der Projektierung* von 380 kV Schaltanlagen Elektrie 13 (1959), nr. 7, p. 233/35.

[13] Pachmann G.: *Hochspannungsschalter in Blickfield des Baukasten systems Dtsch* Elektr. 13, (1959), nr. 1, p. 16/19.

[14] Hojdem W.: *Konstruktive Betrachtungen bei der Entwicklung moderner Trenner* p. 7/10

[15] Schwartz H.: *Typisierung und Spesializierung die entscheidende Aufgabe in der Produktion von Hochspanungsgeräten und Kabeln* Idem, p. 3/6.

Uscarea transformatorilor prin curenți homopolari

1. Descrierea metodei

Uscarea prin curenți homopolari are ca sursă de încălzire pierderile în părțile masive ale circuitului magnetic și ale cuvei transformatorului produse de circulația prin fazele unei înfășurări a curenților homopolari.

În principiu acești curenți se generează prin alimentarea uneia din înfășurări cu o tensiune monofazată, înfășurarea fiind astfel legată, încît prin cele 3 faze să circule curenți egali și de același sens.

Acest lucru se realizează la transformatoarele în stea (fig. 1,a) prin aplicarea tensiunii monofazate între nul și bornele unite ale transformatorului, iar la cei în triunghi (fig. 1, *b*) desfăcîndu-se triunghiul într-un punct.

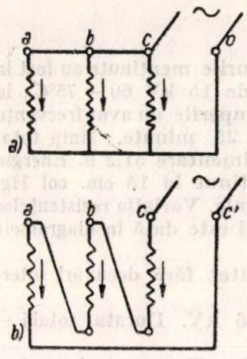


Fig. 1

Din cauza circulației curenților și deci a fluxurilor în același sens, fluxurile nu se pot închide prin coloanele învecinate (ca în funcționarea normală) și sînt nevoite să se închidă de la jug la jug prin piesele de fixare, prin pereții cuvei sau prin mediul ambiant interior al transformatorului.

Prin circularea curenților homopolari se produc încălziri în miezuri și juguri, pereții cuvei, piesele verticale ale miezului și jugurilor, piesele de strîngere ale tolelor și în mai mică măsură în jurul înfășurărilor prin care circulă curenții homopolari.

Înfășurările cărora nu li se aplică tensiunea, trebuie să fie cu circuitele deschise pentru a nu micșora prin fluxurile proprii efectul de încălzire.

Pregătirea transformatorului pentru uscare constă în mare din operațiile:

— Golirea completă a cuvei de ulei și curățirea acesteia.

— Spălarea miezului cu ulei (cînd transformatorul a fost în exploatare).

— Executarea legăturilor electrice ca în fig. 1 și desfacerea legăturilor în triunghiu la înfășurări.

— Montarea termorezistențelor sau a altor aparate pentru telemăsurarea temperaturii. În general se montează trei elemente și anume, unul în partea de mijloc a unuia din buloanele verticale de fixare a jugurilor unde practica a demonstrat că e o zonă de temperatură maximă, unul în partea din afară a înfășurării exterioare mijlocii și unul în partea superioară a miezului între placa jugului și tole. Montajul termorezistențelor trebuie executat astfel încît fluxul care le străbate să fie minim, evitîndu-se erorile provenite din încălzirea proprie a acestora.

— Cuvarea miezului și etanșarea. După executarea operațiilor de mai sus se introduce miezul în cuvă și se etanșează capacul, flanșa releului Bucholtz prin flanșe oarbă, robinetul de golire a cuvei, iar în bușonul termometrului se montează un racord în T pentru vacummetru și pompa de vid.

— Izolarea termică a transformatorului nu se mai face cu plăci de asbest sau hîrtie gudronată, pentru că aceasta există deja sub forma stratului de aer rarefiat dintre miez și cuvă.

— Măsurarea elementelor caracteristice necesare încălzirii. Impedanța homopolară *Zh* se află aplicînd o tensiune *Uo* pe înfășurarea transformatorului, măsurîndu-se curentul *Io* și factorul de putere cos φ cu un cosfimetru. Impedanța $Zh = \frac{Uo}{Io}$. Tensiunea de alimentare pentru uscarea transformatorului se calculează cu relația $Uh = \frac{Ph \cdot Zh}{\cos \varphi}$ unde *Ph* este puterea necesară uscării în Wați și depinde de puterea și condițiile de izolare termică. Date practice asupra valorii lui *Ph* sînt date în tabela 1.

Tabela 1

Puterea transformatorului de uscat KVA	Puterea necesară uscării în kW.	
	Cuva izolată termic	Cuva neizolată termic
50—320	1,5—3,5	2—4
560—800	5—7,5	7—10
2400—5600	8—10	12—14
7500—15000	12—15	15—18

Cînd rezultă *Uh* pînă la 230 V, se usucă cu ajutorul unui aparat de sudură cu reglaj de tensiune. Pentru transformatoarele la care *Uh* = 200—800 V se poate folosi conectarea a 2 transformatori pe partea de 0,4 kV ca în fig. 2, realizîndu-se treptele de tensiune *Ua*—0=231 V, *Ua* — C = 400 V, *Ua* — *O'* = 612 V., *Ua* — *C'* = 800 V.

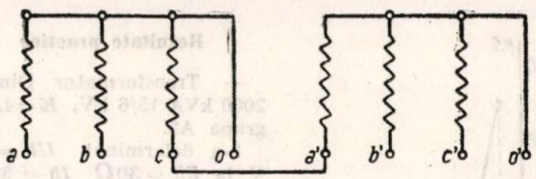


Fig. 2

Uscarea propriu-zisă are următoarele faze:

După punerea sub tensiune se constată din practică că unele părți feroase (ex. buloanele verticale) se încălzesc puternic, iar înfășurările sînt încă reci. Uniformizarea temperaturii se face prin conectări și deconectări succesive ca în diagrama din figura 3 (în care a—conectări și b—deconectări) pînă la atingerea temperaturii de regim de durată care atinge aproximativ 30 ore.

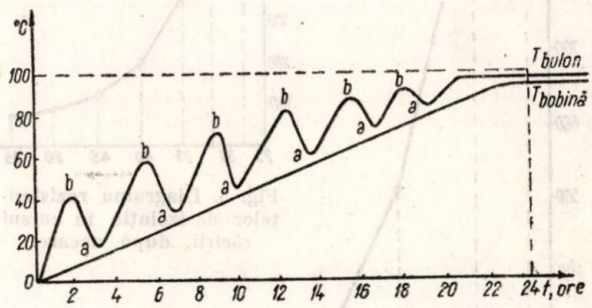


Fig. 3

O deconectare durează 10—40 minute. Temperatura maximă de regim este de 105°C. După atingerea temperaturii de regim se face vid în cuvă pînă la valoarea maximă admisă de construcție cca 30 cm. coloană Hg. În timpul uscării se urmărește, înregistrează și se reglează temperatura prin variația tensiunii aplicate. Dacă acest lucru nu este posibil se va deconecta și conecta transformatorul periodic, în timpul deconectărilor efectuîndu-se măsurători de izolație.

Uscarea se consideră terminată dacă 6 ore nu se constată degajarea de condensat la pompa de vid și rezistența de izolație rămîne constantă.

După uscare se deconectează sursa de alimentare și în timpul răcirii se măsoară rezistențele de izolație la diverse temperaturi. Vidul se menține, iar la cca 50°C se introduce prin partea de jos a cuvei uleiul la aceiași temperatură.

După umplerea cu ulei, se decuvează pentru control, se demontează aparatele de telemăsură și se refac legăturile anterioare uscării, apoi se cuvează.

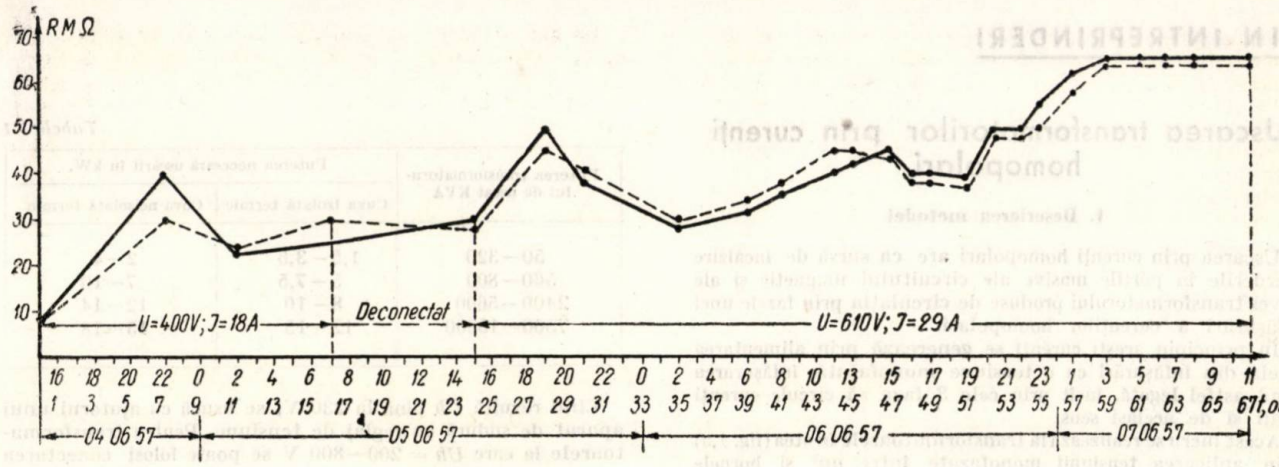


Fig. 4. Diagrama rezistenţelor de izolaţie :
15 000 V/masă. la temperatura medie t_M = 45°C ;
6 000 V/masă. la temperatura medie t_M = 60°C.

Rezultate practice

— Transformator Dinamo 2000 kVA 15/6 kV, K=4,2%, grupa A2.

S-a determinat Uh = 690 V la Zh = 30Ω Ih = 33 A Ph = 11,5 kW.

Fig. 5. Diagrama rezistenţelor de izolaţie în cursul răcirii, după uscare.

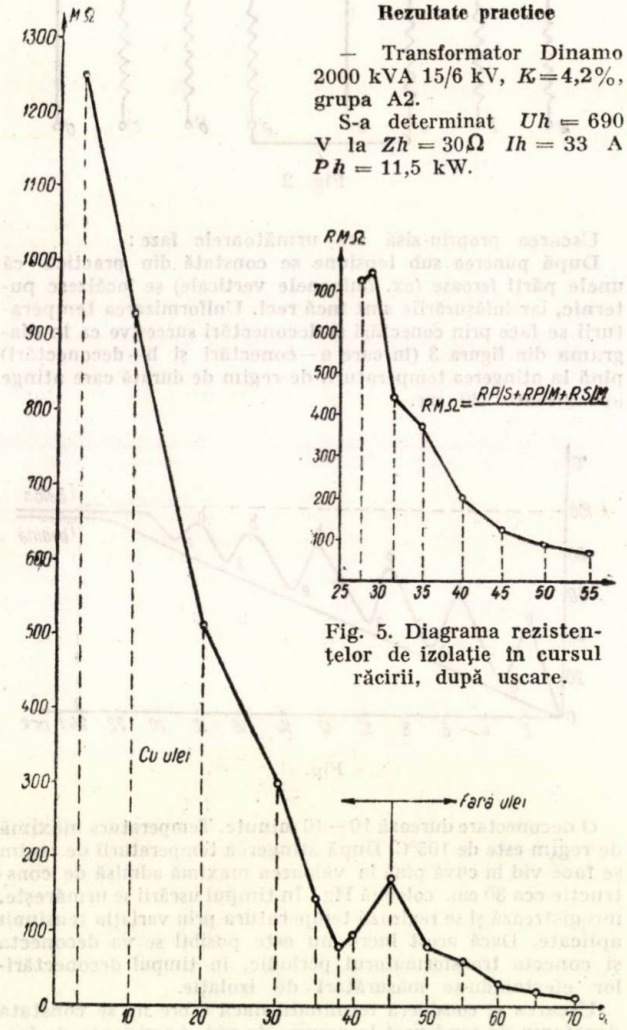


Fig. 6. Diagrama de răcire a transformatorului II 7 MVA după uscare cu curenţi homopolari.

Timp de 16 ore temperatura maximă de 110°C la bulon a fost atinsă de patru ori, cu tot atîtea întreruperi pentru atingerea regimului normal de temperatură. După o decuvare de control, care a durat 8 ore, s-a reînceput uscarea cu Uh = 610 V Ih = 29, A. Temperaturile menţinute au fost la bulon 80 — 110°C., la înfăşurarea de 15 kV 60 — 75°C., la înfăşurarea de 6 kV 50—60°C. Întreruperile au avut frecvenţa de 22/24 h, cu o durată medie de 25 minute. Timp total de uscare 68 h. Timp efectiv de alimentare 51,2 h. Energia consumată 460,5 kWh. Vidul menţinut la 18 cm. col Hg. Transformatorul nu a fost izolat termic. Variaţia rezistenţelor de izolaţie în cursul uscării şi răcirii este dată în diagramele 4 respectiv 5.

Toate celelalte uscări s-au executat fără decuvări intermediare.

— Uscarea trafo 1600 kVA 15/6 kV. Durata totală — = 180 h., Uh = 650 V.

Ih = 18 A ; Vid = 20 cm. col Hg ; Temperaturi maxime bulon 105°C ; Bobine 83°C.

— Uscarea simultană a 2 trafo 1000 kVA 15/6 kV. Durata totală = 186 h. Uh 409 V. : Ih = 26 A ; Vid 20 cm. col Hg ; temperaturi maxime bulon = 95°C., bobine 94°C.

— Uscarea unui transformator de 7 MVA 60/6 kV. Uh = = 1500 V ; Ih = 17 A ; Vid = 20 mm col Hg ; Temperaturi maxime bulon 105°C. bobină 78°C. Se observă din diagrama de răcire dată în fig. 6 că după introducerea uleiului scade rezistenţa din cauza umidităţii mai mari a uleiului faţă de aerul cald şi rarefiat din cuvă (deşi rigiditatea uleiului =210 kV/cm).

Concluzii

Uscarea prin curent homopolar are avantaje faţă de celelalte metode prin faptul că elimină montarea unei înfăşurări pe cuvă, ca la metoda inducţiei, puterea şi energia consumată sînt reduse, se poate aplica metoda fără prea multe amenajări la locul de muncă, se poate aplica şi fără izolaţie termică, se evită îmbătrînirea izolaţiei şi alterarea uleiului şi se face într-un timp foarte redus.

Metoda nu se poate aplica transformatorilor monofazici.

Ing. Nicolae Deac

Instalaţia mobilă pentru tratarea uleiului de transformator

Uleiul de transformator constituie materialul izolant principal al multor aparate electrice şi în special al transformatoarelor şi întreruptoarelor de înaltă tensiune avînd şi rolul de a răci înfăşurările, respectiv de a stinge arcul.

Deoarece contactul atît cu aerul cît şi cu diferite materiale are o acţiune dăunătoare asupra calităţilor sale dielectrice, uleiul trebuie regenerat la intervale mai scurte decît intervalele dintre reparaţiile aparatului respectiv.

În acest scop se folosesc diferite metode constînd în filtrare sau centrifugare cu ajutorul unor instalaţii speciale.

Folosind schema unei astfel de instalaţii, la care s-au adus unele îmbunătăţiri la sistemul de încălzire, la IRE Cluj s-a realizat o instalaţie mobilă a cărei schemă este redată în fig. 1.

Pe schemă se poate urmări circuitul uleiului, care intră printr-un tub flexibil racordat în punctul *A* şi trece apoi prin filtrul grosier *FG*, prin ventilul *2*, în serpentina de încălzire prin inducţie *SI*. Serpentina este confecţionată din 20 spire din ţeavă OLT-35 cu diam. ed 31/38 mm, diametrul exterior fiind de 440 mm. Spirele sînt sudate între ele pentru a forma o singură spiră în scurtcircuit, iar cu ajutorul bobinei de inducţie *BI* formată din 3 bobine montate în stea sînt încălzite la 65 — 70°C, temperatură optimă pentru centrifugare. Fiecare bobină conţine 14 galeţi cu cîte 9 spire, în total 126 spire fază (cu secţiune totală 300 mm²).

Fiecare fază are 6 trepte de reglaj a cîte 9 spire de reglaj, treptele comutîndu-se cu ajutorul reostatului *R*, de la tabloul central *TE*. Curentul pe treapta medie este 55 A/fază.

Uleiul încălzit este introdus cu ajutorul pompei P_1, în separatorul de ulei tip „De Laval" VIB — 1929 C, avînd un debit de 3 000 l/h şi o turaţie de 7 800 t/min.

Pentru uleiul cu umezeală mare se aplică metoda de purificare care constă în separarea apei de ulei. În acest scop tamburul separatorului se umple cu apă avînd aceeaşi temperatură ca şi uleiul, care prin formarea unui film asigură scurgerea continuă a părţilor mai grele. Uleiul purificat se ridică în sus prin discuri şi se scurge prin orificiul *DS* (fig. 2), iar nămolul şi apa prin orificiul *D*. Tamburul poate fi modificat pentru separarea lichidelor de diferite densităţi, prin folosirea discurilor de diametre diferite.

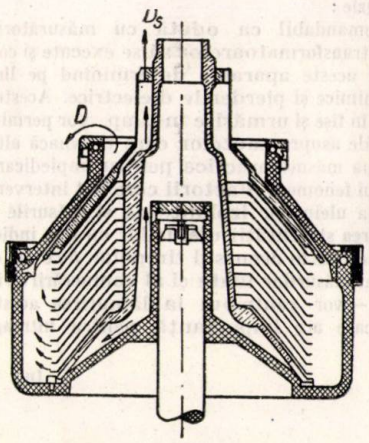


Fig. 2

Separatorul are 11 discuri de diametru variind între 102,4 — 131 mm. corespunzătoare lichidelor cu densităţi variind între 0,97—0,86.

În cazul cînd uleiul conţine impurităţi mecanice, se aplică metoda clarificării. La această metodă impurităţile se colectează în partea inferioară a tamburului (fig. 3) şi se elimină periodic prin oprirea instalaţiei şi demontarea discurilor.

Din tambur, uleiul este antrenat de pompa P_2 (cu roţi dinţate) şi împroşcat în rezervorul *RE* (de evaporare) avînd o capacitate de 1 m³ şi izolat termic cu vată de sticlă. În acest rezervor se menţine un vid între 150—250 mm col Hg, cu ajutorul pompei P_4 (cu paletă excentrică).

De aici amestecul aer-vapori de apă este trecut prin serpentina *SC* (unde se condensează), prin separatorul *S*, sticla de nivel *PG* gradată în cm³, indicînd astfel gradul de uscare al uleiului, prin cantitatea de apă condensată într-o unitate de timp aleasă.

La partea inferioară a rezervorului este prevăzută o sticlă

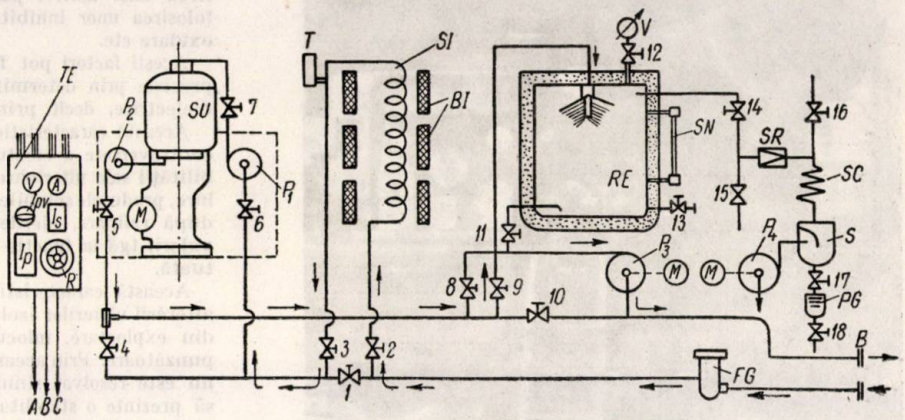


Fig. 1 :

SU — separator ulei (de Laval) ; *SI* — serpentină încălzire ; *BI* — bobine inducţie (sistem trifazic) ; *CE* — cazan evaporare ; P_1 — pompă de aspiraţie ulei murdar (instalată pe separator) ; P_2 — pompă de injecţie ulei (instalată pe separator) ; P_3 — pompă refulare ulei curat ; P_4 — pompă de vid ; *RE* — rezervor evaporare apă din ulei ; *SN* — sticlă nivel ulei ; *V* — vacuummetru ; *M* — motor electric ; *SC* — serpentină condens. vapori ; *SR* — supapă reţinere ; *S* — separator ; *T* — termometru ; *1—18'* — ventile ; *TE* — tablou electric ; *ABC* — alimentare trifazică ; *V* — măsură tensiune ; *A* — măsură intensitate pe faza *B* ; I_{11} — intr. pompă vid ; *R* — reostat cu ploturi pentru reglaj ; *I* — intr. principal.

de nivel şi un robinet de golire pentru ulei cu ajutorul pompei P_3 (cu roţi dinţate) ; uleiul uscat este scos din instalaţie prin conducta *B*.

Instalaţia mai poate fi utilizată prin manevrare de ventile numai pentru încălzire prin inducţie a uleiului, sau se poate folosi numai instalaţia de vid în alte scopuri etc.

Partea electrică este prevăzută cu un panou central, care conţine un voltmetru, un ampermetru pe faza *S*, un întrerupător pentru centrifugă şi unul principal. Pentru iluminat se foloseşte o tensiune de 24 V obţinută de la un transformator de 220/24 V.

La punerea în funcţiune se pornesc mai întîi pompele pentru antrenarea uleiului şi apoi se pun în funcţiune instalaţiile de încălzire pentru evitarea carbonizării uleiului.

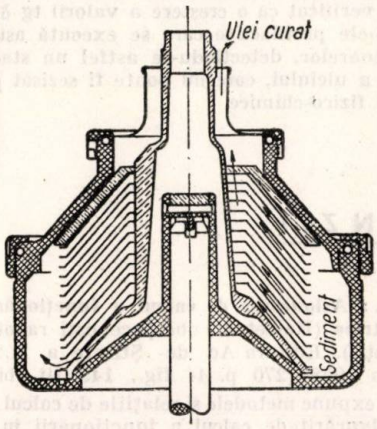


Fig. 3

Întreaga instalaţie s-a montat pe o remorcă, dînd posibilitatea deplasării cu un autocamion, iar pentru a putea fi folosită pe orice vreme, se acoperă cu o prelată.

Pentru verificarea continuă a gradului de recondiţionare a uleiului, ansamblul este prevăzut cu o instalaţie proprie de verificare a rigidităţii dielectrice a uleiurilor.

La proba de omologare s-a obținut printr-o singură recirculare a uleiului, o creștere a tensiunii de străpungere de la 85 la 210 kV/cm.

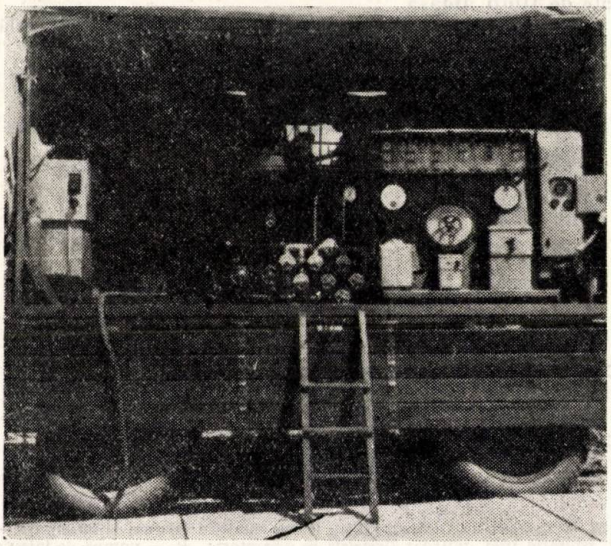


Fig. 4

În stadiul actual de folosire a uleiului izolant, în cantități din ce în ce mai mari, dotarea întreprinderilor cu asemenea instalații este absolut necesară și ușor realizabilă cu mijloace proprii.

Ing. **Savu Păian**

Probleme din exploatarea uleiurilor izolante

Tangenta unghiului de pierderi dielectrice (tgδ) este considerată astăzi printre caracteristicile esențiale ale uleiurilor izolante, variația acestei valori în timpul exploatării permițînd o apreciere mai sigură a gradului de alterare (îmbătrînire) a uleiului. Determinarea acestei caracteristici a intrat și în practica unora din exploatările noastre. (În noul PET, care va apare în curînd, această caracteristică este normată). S-a verificat că o creștere a valorii tg δ influențează în rău probele profilactice care se execută asupra izolației transformatoarelor, detectîndu-se astfel un stadiu incipient de alterare a uleiului, care nu poate fi sezisat prin celelalte determinări fizico-chimice.

Alterarea uleiurilor izolante în exploatare este datorită unor fenomene complexe de oxidare, sub influența unor factori numeroși, rezultînd din natura uleiului și a condițiilor sale de lucru. Unii din acești factori pot grăbi mult alterarea uleiului, cum ar fi folosirea unor lacuri de impregnare corespunzătoare, pentru înfășurările transformatorului, folosirea unor aditivi pentru coborîrea punctului de congelare, folosirea unor inhibitori pentru încetinirea fenomenelor de oxidare etc.

Acești factori pot fi detectați mai ușor și cu mai multă precizie prin determinarea tangentei unghiului de pierderi dielectrice, decît prin determinarea altor constante.

Această caracteristică a contribuit la lămurirea problemei controversate a efectului suprarafinării uleiului asupra stabilității sale ulterioare în exploatare; îndepărtînd, prin spălare, produsele solubile în ulei rămase la neutralizarea acestuia, după rafinare, pierderile dielectrice se reduc, iar variația valorii tgδ în funcție de temperatură este mai puțin accentuată.

Această caracteristică permite o sezisare mai precisă a alterării uleiurilor izolante, prevenind eventualele neajunsuri din exploatare, înlocuindu-se din vreme uleiurile necorespunzătoare. Prin aceasta însă, aspectul economic al problemei nu este rezolvat simultan; se impune ca uleiurile izolante să prezinte o stabilitate la alterare cît mai mare, ceea ce se poate realiza pe diferite căi:

— Măsuri constructive, care să evite contactul uleiului din aparat cu aerul atmosferic. Cea mai indicată este protecția printr-un gaz inert (azot), realizată la unele exploatări.

— Regenerarea continuă a uleiului din serviciu, prin filtre umplute cu silicagel;

— Regenerarea uleiurilor alterate, în instalațiile special amenajate, astfel cum au fost realizate la unele exploatări:

— Adaus de inhibitori, mai ales la uleiurile regenerate pentru a încetini procesul de îmbătrînire.

Aceste măsuri și poate altele încă, trebuie aplicate în urma unor încercări sistematice, cu concursul institutelor de cercetări specializate.

În concluzie:

Este recomandabil ca odată cu măsurătorile periodice ale izolației transformatoarelor să se execute și controlul stării uleiului din aceste aparate, determinînd pe lîngă constantele fizico-chimice și pierderile dielectrice. Aceste măsurători, consemnate în fișe și urmărite în timp, vor permite a se trage concluzii utile asupra cauzelor care provoacă alterarea uleiului și a se lua măsuri practice pentru împiedicarea sau întîrzierea acestui fenomen. Factorii care pot interveni în procesul de alterare a uleiurilor izolante ca și măsurile ce se impun pentru mărirea stabilității uleiurilor au fost indicate mai sus.

Datele colectate în decursul timpului, de către exploatări — ca rezultat al măsurilor luate și al conlucrării cu institutele de specialitate — vor contribui la lămurirea acestei probleme complexe, care are importanță pentru întreaga economie națională.

Ing. **H. Segall**

RECENZII

COCIN S.C.: Asigurarea de calcul a funcționării centralelor hidroelectrice (Rascetnaia obespecenosti raboti ghidroelectro stanții). Editura Ac. de Științe a R.S.S. Kazahe, Alma-Ata 1958 (270 p. 44 fig., 143 tit. bibl.).

Lucrarea expune metodele și relațiile de calcul pentru determinarea asigurării de calcul a funcționării în cadrul unui sistem energetic a unei centrale hidroelectrice. Noțiunea de asigurare de calcul a funcționării unei centrale hidroelectrice este diferită de noțiunea de debit de calcul asigurat, dar legată de aceasta. Cantitatea de energie produsă de către o centrală hidroelectrică este funcție pe de o parte de caracteristicile amenajării hidroelectrice și, pe de altă parte, de variațiile debitului rîului respectiv. Cum acesta din urmă nu poate fi caracterizat printr-o relație funcțională $Q = f(t)$, ci prin relații de probabilitate, rezultă că însăși producția de energie a centralei hidroelectrice va fi supusă unor astfel de relații.

Probabilitatea, stabilită cu ajutorul acestor relații, ca producția de energie a centralei hidroelectrice să nu coboare sub un nivel dat, se numește asigurarea de calcul a centralei (în raport cu nivelul dat al producției de energie). Prin varierea diverselor elemente ale amenajării (în special a debitului instalat și acumulării) se pot obține diverse asigurări de funcționare, dintre care se va alege acea asigurare de calcul care va da un efect economic maxim. Alegerea asigurării de calcul se poate face prin compararea creșterii, investițiilor și cheltuielilor de exploatare pentru mărirea asigurării de calcul cu pagubele produse de deficitul de energie în cazul micșorării acesteia. În lucrare sînt expuse principiile de bază ale calculelor energo-economice pentru stabilirea asigurării

de calcul optime, în conformitate cu caracteristicile și necesitățile economiei socialiste. Autorul analizează sursele apariției deficitelor de energie în sistemele energetice și metodele de evaluare cantitativă a acestor deficite. Studiind pagubele produse economiei naționale de deficitele provocate de lipsa de debite, autorul stabilește relațiile de calcul pentru evaluarea acestor pagube, atît pentru fiecare tip de industrie cît și pentru întregul sistem economic deservit de sistemul energetic respectiv. În legătură cu aceasta, în lucrare se dezvoltă pe larg problemele economiei energetice ale principalelor ramuri industriale.

Ultima parte a lucrării este dedicată metodelor și relațiilor propriu-zise necesare determinării asigurării de calcul a funcționării centralelor hidroelectrice.

Relațiile sînt expuse clar, însoțite de exemple și grafice, putînd fi ușor de utilizat. În stabilirea metodelor și relațiilor de calcul, autorul pornește de la ipoteza că sistemul este alcătuit în cea mai mare parte din centrale hidroelectrice. Aducerea la cazul general nu este însă dificilă, deoarece centralele termoelectrice pot fi introduse în calcule ca un consumator avînd caracteristici speciale (consumul de energie avînd un semn contrar decît al celorlalți consumatori); considerăm că datorită metodelor și relațiilor găsite cît și analizării problemelor economiei energetice a diferitelor ramuri ale industriei, lucrarea va suscita o atenție deosebită din partea energeticienilor din R.P.R.

Ing. **V. Cozeleiue**

SIROTINSCHI L. I.: Tehnica tensiunilor înalte, partea a treia, volumul întîi. Editura Energetică de Stat, Moscova, Leningrad 1959.

Paisprezece ani au trecut de la ediția trecută a părții a treia a cărții „Tehnica tensiunilor înalte", editată în anul 1945 de către profesorul L.I. Sirotinschi. Materialul pentru partea a treia de fapt fusese pregătit în anii premergători celui de-al doilea război mondial, imediat după apariția primelor două părți (1938). Perioada de paisprezece ani a însemnat o etapă însemnată în dezvoltarea științei și tehnicii în general și a cunoștințelor noastre în domeniul supratensiunilor în particular. Acest fapt explică împărțirea părții a treia în două mari volume, dintre care numai primul volum cuprinde 37,72 coli de tipar. În acest volum sînt cuprinse problemele propagării undelor și supratensiunile interne, urmînd ca în volumul al doilea să se trateze problema supratensiunilor atmosferice, a descărcătoarelor și a coordonării izolației.

Actualitatea cărții apare evidentă cînd ne gîndim că în ultimii ani tensiunile nominale ale liniilor electrice de transport au crescut considerabil, că au apărut la liniile lungi probleme complexe legate de utilizarea autotransformatoarelor și a elementelor de compensare longitudinală, cum și la faptul că în domeniul construcției descărcătoarelor cu rezistență variabilă s-au făcut progrese esențiale. Este vorba de descărcătoarele cu rezistență variabilă cu suflaj magnetic sau electromagnetic al arcului curentului de însoțiri, care, cu siguranță, marchează o cotitură în problema coordonării izolației prin capacitatea lor de a scurge la pămînt curenți de durată mai mare, adică să protejeze instalațiile și împotriva supratensiunilor interne.

Volumul întîi al părții a treia cuprinde următoarele șase capitole:

— Procesele ondulatorii în conducte.
— Reflecția și refracția undelor în schemele de protecție.
— Procesele ondulatorii în înfășurările transformatoarelor și mașinilor.
— Tratarea neutrului rețelelor de înaltă tensiune.
— Supratensiunile care apar la deconectarea capacităților și inductanțelor.
— Supratensiunile de rezonanță și supratensiunile în sistemele cu linii lungi.

Reține atenția cititorului faptul că unele probleme, care pînă în prezent erau trecute în revistă pe scurt în cărțile de specialitate, în volumul de față sînt dezbătute pe larg.

De asemenea, apar unele încercări noi de prezentare a anumitor capitole.

Astfel, după prezentarea teoriei simplificate a lui Wagner asupra propagării undelor neglijînd inducția mutuală, se prezintă unele metode de calcul al inducției mutuale. Tot aici se prezintă și metodele de modelare a fenomenului.

Întrucît cartea este un curs de facultate, autorul s-a străduit să nu expună materiale care se învață la alte cursuri. Sigur că acest lucru nu este posibil în totalitatea lui. Capitolele care analizează propagarea undelor pornesc de la ecuațiile telegrafiștilor, bine-cunoscute din cursurile de Bazele teoretice ale electrotehnicii, tratarea neutrului rețelelor ne este cunoscută din cursul de rețele etc. Totuși, se analizează deosebit de larg tratarea neutrului prin bobine Petersen, insistîndu-se însă asupra supratensiunilor.

Trebuie remarcată dozarea bună a materialului, deși uneori se dau doar indicații asupra unor puncte, fără a mai analiza problema. Bibliografia indicată la sfîrșitul fiecărui capitol este de mare valoare, indicînd totodată și munca enormă de documentare întreprinsă de autor. La elaborarea cărții a contribuit și D.V. Razevig, docentul catedrei, care a scris capitolul șase și paragraful ultim al capitolului al doilea, cum și aspirantul I.P. Vereșaghin, care a contribuit la elaborarea capitolului despre supratensiunile dinamice.

Cititorii de la noi din țară au primit bine primele două volume ale cărții profesorului Sirotinschi. Volumul întîi al părții a treia a cărții tratînd probleme de mare actualitate tehnică va fi cu siguranță citit cu mult interes de către inginerii noștri, care au avut ocazia în ultimii ani să se familiarizeze cu problema supratensiunilor din traducerea cărții lui Rüdenberg și a lui Dolshinov.

Ing. **D. Marc.**

DE LA COMITETUL NAȚIONAL AL C. I. G. R. E.

Cea de a 18-a sesiune a CIGRE urmează să aibă loc între 15 și 25 iunie 1960 la Paris.

Cu această ocazie vor fi prezentate un număr de cca. 120 rapoarte de către autori din diferite țări prezentînd cele mai interesante și moderne aspecte din domeniul tehnicii producerii și transportului energiei electrice la tensiuni înalte și al construcției de echipament electric pentru aceste scopuri.

În continuare indicăm mai jos unele dintre rapoartele cele mai reprezentative ce vor fi prezentate și discutate la sesiune.

Generatoare

L.G. Mamicomiant și I.A. Stromiatnicov (*URSS*): Funcționarea în asincron a generatoarelor.

A. Ritter și O. Wohlfart (*Austria*): Măsurători dielectrice asupra izolației înfășurărilor statorice.

X (*Franța*): Producerea puterii reactive în mașini rotative: generatoare și compensatoare sincrone.

P. Pavesi și *S. Simonetti* (*Italia*): Excitația cu redresoare statice și reglarea tensiunii unui grup generator de 23 MW pentru serviciile interne ale unei mari centrale termoelectrice.

I. Cemus, V. Hamata și A. Veverka (*Cehoslovacia*): Două aplicații ale teoriei modelării în electroenergetică: a) Fenomene tranzitorii în mașinile sincrone; b) Divizori de tensiune de impuls cu circuite echivalente.

Transformatoare

I.B. Borodulin, G.N. Petrov și S.I. Rabinovici (*U.R.S.S.*): Autotransformatoare de mare putere la înaltă tensiune.

A. Fremineur (*Belgia*): Autotransformatoare de mare putere.

R.J. Kayser (*Canada*): Probleme speciale ridicate de marile autotransformatoare la înaltă tensiune.

J.R. Meador (*S.U.A.*): Încercările dielectrice ale marilor transformatoare de înaltă tensiune.

M. Christoffel și T. Hurter (*Elveția*): Studiul eforturilor la scurtcircuit în înfășurările transformatoarelor cu ajutorul modelelor reduse.

J. Froidevaux, R. Kratzer și Cl. Rossier (*Elveția*): Probleme specifice ale transformatoarelor mari la înaltă tensiune.

Întreruptoare

E.C. Starr și E.J. Harrington (*S.U.A.*): Încercări la locul de montare al întreruptoarelor de mare putere.

T. C. Browne Jr. (*S.U.A.*): O concepție nouă în construcția întreruptoarelor.

M. Petrolini și R. Poyart (*Franța*): Întreruptoare cu aer comprimat: viteze mari ale tensiunii de restabilire, folosirea de presiuni ridicate.

S. Yamazaki, H. Mori și S. Fukuda (*Japonia*): O nouă metodă indirectă de încercare pentru întreruptoare pneumatice cu mare putere de rupere.

E. Leimbrubler și P. Joss (*Elveția*): Comportarea unui întreruptor cu ulei puțin pentru tensiuni foarte înalte la declanșarea unor curenți mici.

B. Foit, V. Kalusec și V. Zajic (*Cehoslovacia*): Probleme de întrerupere: a) Evoluția metodelor de încercări de scurtcircuit b) Efortul dielectric în supratensiunile de comutație.

Cabluri de înaltă tensiune

A. Giaro (*Belgia*): Studiul experimental asupra răcirii forțate a cablurilor pozate într-o galerie subterană ventilată artificial.

G.H. West și P. Ralston (*Canada*): Răcirea artificială cu apă a cablurilor subterane.

W. Hirsch (*Norvegia*): Traversarea fiordului Oslo cu cabluri submarine de 300 KV în curent alternativ.

J. Banks și F.O. Wollaston (*Canada*): Instalarea cablurilor subterane de foarte înaltă tensiune în tuneluri sau puțuri verticale.

J. Oudin și R. Tellier (*Franța*): Cablurile de 380 și 225 kV în sistemul național francez.

Stîlpi și fundații

Vandeperre și A. Jucov (*Belgia*): Experiența belgiană în domeniul încercării stîlpilor și fundațiilor.

L. Haro și K. Orivuori (*Finlanda*): Fundații prefabricate pentru stîlpi ancorați.

H. B. Harver și A. Erskine (*Anglia*): Stîlpi tubulari în rețeaua de transport engleză.

Linii aeriene; Vibrații

L. Paris (*Italia*): Securitatea liniilor aeriene în legătură cu probabilitatea avariilor.

H. Bovallius, T. Persson și U. Sandstrom (*Suedia*): Stricăciunile cauzate liniilor de transport ca efect al vibrațiilor.

A.P. Birulin, V.V. Burgsdorf și B.J. Maklin (*URSS*): Sarcini produse de vînt asupra liniilor electrice aeriene.

M. Vidmar (*Iugoslavia*): Experiența cu conductoare de aluminiu fără miez de oțel.

Gartner, G. Grabe și W. Furkert (*Germania*): Detectarea conexiunilor slabe cu ajutorul razelor infraroșii.

Izolatoare

L. Gion și Meir (*Franța*): Noi izolatoare cu aripioară elicoidală pentru linii și aparataj de înaltă tensiune.

O.P. Geszti, P. Ignacz și F. Ronkay (*Ungaria*): Experiența privind slăbirea izolației izolatoarelor sub efectul mediului ambiant.

Protecție și relee

H. Baleriaux și F. Brohet (*Belgia*): Încercări asupra funcționării releelor Buchholz pentru protecția transformatoarelor.

G. Marchal (*Belgia*): Releu diferențial cu tranzistori pentru linii de înaltă tensiune.

M.P. Zlatev, A. St. Kozarov și S.L. Farși (*Bulgaria*): Regimuri tranzistorii într-un sistem filtru releu de componente simetrice inverse și determinarea parametrilor optimi ai acestuia.

J. Friedberger și M. Magnien (*Franța*): Probleme privind alimentarea serviciilor interne ale C.T.E.

V. I. Ivanov, G. V. Micuțki, E. D. Sapir, V. L. Fabricant și A.M. Fedoseev (*U.R.S.S.*): Protecția prin relee cu dispozitive semiconductoare.

Concepția și funcționarea sistemelor stabilitate

D.A. Georghiev și B.St. Kostov (*Bulgaria*): Metodă pentru determinarea în perspectivă a puterilor totale de instalat într-un sistem electroenergetic la scară națională.

J.K. Dillard și H.K. Sels (*S.U.A.*): Noi perspective pentru studiul sistemelor.

K. Szendy și B. Bokay (*Ungaria*): Condițiile de stabilitate statică și dinamică pentru o rețea cu mai multe grupuri.

A. Greselin (*Italia*): Influența caracteristicilor rețelelor și a sistemelor de reglare asupra menținerii frecvenței și puterilor de schimb pe marile artere de interconexiune.

I. Hano, C. Uenosono și H. Ioshikawa (*Japonia*): Abateri optime la autosincronizarea generatoarelor sincrone conectate la rețelele de transport.

I. Obradovici, M. Mesarovici, J. Kalia și S. Spiridonovici: (*Iugoslavia*) O nouă metodă de determinare experimentală a funcției de transfer a unei rețele de transport de energie electrică.

L. Wedeen (*Suedia*) *și Voipio* (*Finlanda*): Reglarea rețelelor interconectate ale Suediei și Finlandei.

V.A. Venikov, G.F. Ghertenberg, M.P. Costenco, L.F. Neiman, S.A. Sovalov și N.I. Socolov (*U.R.S.S*): Reglarea excitației mașinilor sincrone în sistemele energetice ale Uniunii Sovietice

Supratensiuni atmosferice

D. Hillebrand (*Suedia*), *O. Johansen* (*Norvegia*) *și E. Saraoja* (*Finlanda*): Rezultatele măsurătorilor efectuate cu contoare de descărcări atmosferice în Suedia, Norvegia și Finlanda.

Tensiuni foarte înalte

Comisia de plan a societății germane de interconexiune (*Germania*): Considerațiuni tehnice asupra transportului de energie electrică în curent alternativ trifazat la tensiuni mai mari ca 380 kV în Germania.

I.G. Thornton și W. Diesendorf (*Australia*): Rețeaua de transport de 330 kV în Australia

X. (*S.U.A.*) Rețelele de transport la 345 kV ale societăților American Electric Power Company și Ohio Valley Electric Corporation

P.A. Abetti (*S.U.A.*) — Cercetări practice asupra tensiunilor foarte înalte.

J. Esparbet și R. Langlois — Berthelot (*Franța*): Echipamentul de 380 kV în rețeaua franceză; probleme privind autotransformatoarele de 380/225 kV.

V.V. Burgsdorf, L.V. Egorova, N.P. Emelianov și N.N. Tihodeev (*U.R.S.S.*): Studii ale efectului Corona asupra liniilor de transport la foarte înaltă tensiune.

A.B. Cricuncic, S.S. Rocotian și J.A. Iacub (*U.R.S.S*): Unele probleme privind transportul de energie electrică la distanțe mari în U.R.S.S.

N.J. Mc. Murtrie și J.G. Cassan (*Canada*): Proiectul „Coldwater" al Comisiei Hidroelectrice a lacului Ontario (Cercetări cu privire la linia experimentală de 600 kV)

L. Norlin, B. Nordstrom și R. Graden (*Suedia*): Studii de stabilitate asupra rețelei de transport suedeze de 400 kV.

Transport în curent continuu

H. Witt (*Suedia*): Izolatoare pentru curent continuu în comparație cu cele de curent alternativ.

E. S. Grois, A.V. Posse și V.E. Turetki (*U.R.S.S.*): Linia de transport Stalingrad-Donbass în curent continuu la ± 400 kV.

R. Tellier și J. Sallard (*Franța*), *D.M. Cherry și C.C. Barnes* (*Anglia*): Probleme tehnice ridicate de liniile submarine în curent continuu la înaltă tensiune.

★

Din țara noastră se prezintă două rapoarte și anume:

G. Hortopan: „O relație nouă privind încercarea la impuls de tensiune a transformatoarelor.

E. Constantinescu și N. Borza.: „Coeficienții de siguranță economici ai liniilor electrice aeriene"

Consfătuirea „Coroziunea şi combaterea ei"

În luna decembrie 1959 s-au desfăşurat în Bucureşti lucrările primei consfătuiri pe țară cu tema „Coroziunea şi combaterea ei".

La această consfătuire s-au întrunit oameni de ştiință, ingineri şi tehnicieni din institutele de cercetări ale Academiei R.P.R. şi institutele de învățământ superior, din institutele de cercetări şi proiectări departamentale, cum şi din întreprinderile tuturor ramurilor industriale, pentru a dezbate probleme în legătură cu fenomenele de coroziune ivite în producție şi mijloacele de combatere a acestora.

Referatele ținute s-au preocupat atît de partea tehnico-ştiințifică a problemei, cît şi de partea organizatorică privind depistarea fenomenelor de coroziune şi combaterea lor.

Dăm în continuare titlurile referatelor ținute la consfătuire:

Importanța combaterii coroziunii în economia națională, mijloacele de protecție anticorosivă.

Concepții noi în teoria proceselor de coroziune.

Unele aspecte ale coroziunii atmosferice în centrele metalurgice din R.P.R.

Protecția împotriva coroziunii a construcțiilor metalice în industria chimică.

Cercetări asupra rezistenței la oxidare şi la coroziune a fontelor cu grafit nodular aliate cu siliciu.

Grunduri reactive.

Pigmentul de protecție anticorosivă pe bază de cărbune activ.

Metalizarea prin pulverizare ca mijloc de protecție contra coroziunii.

Combaterea coroziunii metalelor feroase în perioada de depozitare.

Protecția suprafețelor prin vopsire şi protecția temporară în industria metalurgică pentru construcția de mașini.

Protecția conira coroziunii a conductelor magistrale de țiței şi gaze şi a rezervoarelor de depozit.

Influența curenților de dispersie în procesul de corodare a instalațiilor subterane.

Combaterea coroziunii la instalațiile de cazane cu abur şi metodele de combatere.

Fenomenele de coroziune la cazanele locomotivelor cu abur şi metodele de combatere.

Un nou inhibitor pentru producerea coroziunii provocate de apele acide care provin din distilarea primară a țițeiului.

Problema coroziunii în construcții navale.

Cercetări asupra influenței adaosurilor de acid citric de sulf.

Oxidarea metalelor la temperaturi ridicate.

Probleme de coroziune în industria antibioticelor.

Date asupra combaterii coroziunii în industria chimică farmaceutică nr. 4.

Procedee şi sisteme de protecție împotriva coroziunii, aplicate în lucrările de construcții, montaj şi întreținere ale uzinei Năvodari.

Coroziunea fierbătoarelor în industria celulozei şi hîrtiei.

Măsuri de protecție a construcțiilor în industria chimică contra coroziunii.

Probleme de coroziune în tehnica nucleară.

Realizări ale întreprinderii „Anticorozio".

Pe baza lucrărilor prezentate s-au purtat discuții în legătură cu realizările din țara noastră, dar în special în legătură cu măsurile ce trebuie luate în domeniul combaterii coroziunii.

Consfătuirea s-a încheiat cu un proiect de recomandări din care prezentăm cele mai importante propuneri:

1. Comitetul de Stat al Planificării să studieze în colaborare cu Academia R.P.R. înființarea unei Comisiuni de Coroziune pe lîngă Prezidiul Academiei R.P.R., care să îndrumeze şi să coordoneze activitatea în acest domeniu pe plan republican în vederea reducerii pierderilor de metal prin coroziune şi prelungirii duratei de exploatare a instalațiilor prin mijloace potrivite de prevenire şi combatere a coroziunii.

2. Ministerul Industriei Grele să ia următoarele măsuri:

a) să organizeze şi să intensifice fabricarea materialelor anticorosive *metalice* de calitate de mare consum pentru nevoile tuturor sectoarelor economiei (oțeluri inoxidabile, aliate, fonte cu siliciu sau crom, fonte cu grafit nodular, aliaje de aluminiu, bronzuri cu aluminiu, siliciu, mangan, sîrmă de aluminiu, sîrmă pentru lucrările de metalizare cu zinc etc.);

b) să organizeze fabricarea vaselor emailate necesare industriei chimice;

c) să înființeze mai multe stații de metalizare prin pulverizare pentru protecția suprafețelor metalice contra coroziunii.

3. Ministerul Industriei Petrolului şi Chimiei să ia următoarele măsuri:

a) să studieze posibilitatea organizării combaterii coroziunii la conductele din schelele petrolifere în vederea prelungirii duratei de exploatare a acestora şi a evitării pierderilor de țiței, datorită accidentelor provocate de coroziune;

b) să intensifice cercetările pentru protecția coroziunii echipamentelor de fund;

c) să lărgească producția sortimentelor de materiale anticorosive de calitate necesare lucrărilor de protecție contra coroziunii în funcție de necesitățile consumatorilor (mase plastice, produse peliculogene, materiale de tip grafal, carbadez etc., chituri speciale, săruri pentru diverse tratamente anticorosive, inhibitori etc.);

d) să înființeze pe lîngă I.L.C.C.L.C. cursuri practice de scurtă durată pentru pregătirea suprafețelor în vederea aplicării produselor peliculogene în condiții optime, cursuri la care vor participa delegați ai întreprinderilor industriale

din întreaga țară, *măsură condiționată de înființarea prealabilă* a unei secții speciale de aplicare a produselor peliculogene în cadrul acestui laborator;

e) să extindă profilul de activitate al întreprinderii „Anticoroziv" în funcție de necesitățile diferitelor ramuri ale economiei pentru lucrările de protecție contra coroziunii.

4. Ministerul Învățămîntului și Culturii să introducă în planul de învățămînt al *tuturor* facultăților tehnice un curs *special* de coroziune cu parte teoretică, practică, și lucrări de laborator adecvate specificului fiecărei facultăți și cu o durată de cel puțin un semestru.

5. Toate ministerele industriale să ia următoarele măsuri:

a) să organizeze în cadrul *unităților industriale* un colectiv *special* cu pregătire corespunzătoare, dependent de inginerul șef, *dotat cu mijloacele necesare*, avînd sarcina de a executa în mod planificat prin planul tehnic al uzinei, departamentului sau prin Planul Tehnic de Stat următoarele:

— lucrările pentru prevenirea proceselor de coroziune în întreaga fabrică (inclusiv suprafețele metalice exterioare, depozitele de materii prime, produse intermediare și produse finite, ambalaje, clădiri industriale;

— depistarea sistematică a proceselor de coroziune;

— combaterea imediată a proceselor de coroziune acolo unde acestea s-au produs, prin antrenarea în rezolvarea acestor probleme, după caz, a laboratoarelor uzinale, institutelor de cercetări departamentale, de învățămînt superior sau a Academiei R.P.R. și a întreprinderii de specialitate „Anticoroziv";

— înființarea unei evidențe cu caracter tehnic și economic pentru urmărirea permanentă a proceselor de coroziune din întreprindere;

b) să numească în cadrul ministerelor în direcțiile generale și direcțiile funcționale un responsabil pentru problemele de coroziune;

c) să organizeze nuclee de cercetare în domeniul coroziunii în cadrul institutelor de cercetări departamentale, *dotate cu mijloacele necesare* pentru a rezolva problemele în acest domeniu și care vor fi înscrise în planul de lucru al institutelor;

d) să organizeze colective speciale pentru problemele de coroziune în instiutele de proiectare;

e) să organizeze colective speciale pentru problemele de coroziune în întreprinderile de construcții și montaj;

f) să înscrie în „tematica de inovații" probleme de coroziune din cadrul întreprinderilor sau sectoarelor;

g) să introducă în planul de învățămînt al școlilor medii tehnice un curs de coroziune;

h) să organizeze în unitățile industriale ședințe periodice de referate pentru informarea muncitorilor, tehnicienilor, inginerilor asupra coroziunii și combaterii acesteia în vederea ridicării nivelului tehnic în acest domeniu;

i) să organizeze schimburi de experiență periodice între diferitele unități industriale din cadrul aceluiași sector cu participarea institutelor de proiectare și cercetare respective;

j) să organizeze în întreprinderi, institute de cercetări și proiectări și minister prelucrarea materialului acestei consfătuiri, material care va fi editat într-un volum de către I.D.T.

6. Direcția Generală pentru Energie, Metrologie, Standarde și Invenții să elaboreze prin:

a) Oficiul de Stat pentru Standarde, standarde pentru încercările de coroziune și să completeze standardul privitor la „Ambalaje și marcare" cu condiții obligatorii de protecție contra coroziunii acolo unde este cazul;

b) ISCIR, metode pentru controlul coroziunii recipienților sub presiune și al eficacității mijloacelor de protecție al acestora contra coroziunii.

7. „Comisia de coroziune" din Secția de Chimie a Consiliului Central ASIT să ia următoarele măsuri:

a) să extindă și să adîncească colaborarea cu toate ramurile industriale, cu toate secțiile de specialitate din cadrul Consiliului Central ASIT și filiale;

b) să organizeze consfătuiri pe cercuri ASIT și regiuni pe diferite ramuri industriale;

c) să organizeze ședințe de comunicări tehnico-științifice;

d) să facă propuneri pentru editarea unei reviste speciale ASIT pentru problemele de coroziune;

e) în colaborare cu I.D.T. sau Editura Tehnică să editeze un manual cu privire la coroziune și combaterea ei;

f) să intensifice publicitatea în jurul acestei probleme prin gazeta „Tehnica Nouă" și revistele ASIT, prin filme și diafilme și prin reviste periodice în cadrul cercurilor ASIT din întreprinderile și secțiile de specialitate din filiale;

g) să dezvolte legăturile cu organizațiile de coroziune din străinătate pentru un schimb de experiență cît mai eficient;

h) să editeze materialele prezentei consfătuiri;

i) să urmărească prelucrarea materialelor prezentei consfătuiri în întreprinderi, institute de cercetări și proiectări și ministere.

Participanții la consfătuire își exprimă convingerea că aplicarea în practică a acestor recomandări va contribui la rezolvarea eficientă a problemelor privitoare la coroziune și mijloacele moderne de combatere ale acesteia, ceea ce va conduce la o economie de metal prin reducerea pierderilor de material, datorite coroziunii, cum și la prelungirea duratei de funcționare a instalațiilor prin mijloace potrivite de combatere a coroziunii, măsuri ce vor avea ca efect final reducerea prețului de cost al produselor fabricate.

ÖNYVTÁR-ORSZÁGOS

СОДЕРЖАНИЕ

ДК (063) АСИТ

Расширенное совещание Центрального Совета АСИТ. Некоторые выводы относительно деятельности АСИТ.

Energetica *8* (1960) nr. 3, p. 97–98

ДК 620.9.001.1

Saphier I. I.: **Обобщающие методы определения потребности в энергии в перспективном плане.**

Приведены методы, определяющие потребности в энергии отдельного района или страны на будущий период времени в обощающей форме при помощи математического уравнения, являющегося функцией времени или определенных коррелируемых факторов. В заключении автор отмечает возможность применения плановой экономики обощающих методов, учитывающих не только коррелируемые факторы, но и время. Рекомендуется применение коэффициента эластичности.

Energetica *8* (1960) nr. 3, p. 99–102

ДК 621.165 : 534.1.004.64

Brebenel D. S.: **Некоторые вопросы вибрации лопастей паровых турбин.**

Освещается вопрос аварии паровых турбин в результате поломки лопастей, а также рассматриваются методы изменения вибрации лопастей. Описываетсяфизи кий процесс вибрации лопастей и экспериментальные испытания, допускающие построение характеристики вибрации. В заключение намечаются способы улучшения данной характеристики.

Energetica *8* (1960) nr. 3, p. 103–114

ДК 621.165 : 534.63.002

Varadi Gh., Vlădeanu V.: **Электронный прибор для определения резонансной частоты турбинных лопастей методом форсированного резонанса.**

Дается описание электронного прибора „Турботест", сконструированного предприятием ИРМЕ для измерения собственных колебаний турбинных лопастей методом, описанным в предыдущей статье. Приводится ряд конструктивных данных, а также рабочая и эксплуатационная характеристики прибора.

Energetica *8* (1960) nr. 3, p. 114–117

ДК 621.165 : 621–755.004

Schlotter Fr. şi Stoianovici N.: **Статистическое и динамическое уравновешивание турбинных роторов и генераторов ТЭС Грозэвешть.**

Представлены методы статического и динамического уравновешивания турбинных роторов и генераторов находящихся в эксплуатации на ГЭС Грозэвешть. Приводится изложение рассматриваемого явления и даются рекомендации по проведению необходимых мероприятий.

Energetica *8* (1960) nr. 3, p. 118–121

ДК 621.314.222 : 621.3.048.004

Săndulescu S., Simion E., Mumjinski E., Minzărescu E.: **Контрольные методы изоляции эксплуатируемых трансформаторов.**

Автор приводит результаты долголетнего личного опыта в области эксплуатации мощных трансформаторов в бывшем Энерготресте № 1, Главного электроэнергетического управления. Указываются подвергнутые наблюдению параметры, кривые полученные для различных категорий трансформаторов и в заключении вносится ряд личных предложений авторов по данному вопросу.

Energetica *8* (1960) nr. 3, p. 122–132

ЗАРУБЕЖНАЯ ЭНЕРГЕТИКА

ДК 621.315.051/027.8 (43)

Rottman A.: **Установка на 280 кв, спроектированная для ГДР.**

Energetica *8* (1950) nr. 3, p. 132–136

ЗАМЕТКИ • РЕЦЕНЗИИ • В НАЦИОНАЛЬНОМ КОМИТЕТЕ М.К.К.Э.С. • ХРОНИКА

INHALTSVERZEICHNIS

DK (063) ASIT

Sitzung des Zentralrats der Wissenschaftlichen Vereinigung der Ingenieure und Techniker (ASIT). Einige Schlussfolgerungen über die Tätigkeit der Vereinigung.

Energetica *8* (1960), H. 3, S. 97–98

DK 620.9.001.1

Saphier I. I.: **Synthetisches Verfahren zur Berechnung der in Zukunft erforderlichen Energiemengen.**

Es werden mittels eines mathematischen, in Abhängigkeit von Zeit oder von gewissen Verhältniszahlen stehenden Satzes die Verfahren dargestellt, auf Grund deren die zukünftig in einem Gebiet oder Land erforderlichen Energiemengen bestimmt werden können. Der Verfasser folgert dass in einer Planwirtschaft synthetische Verfahren anwendbar sind, welche nicht nur den Zeitfaktor, sondern auch gewisse Verhätniszahlen in Betracht ziehen. Es wird ein Berechnungsverfahren an Hand eines Elastizitätskoeffizienten empfohlen.

Energetica *8* (1960), H. 3, S. 99–102.

DK 621.165 : 534.1.004.64

Brebenel D. S.: **Einige Betrachtungen über die Frage der Schwingungen der Dampfturbinenschaufeln.**

Es werden die Frage der Dampfturbinenschäden durch Schaufelbruch und die Messverfahren der Schaufelschwingungen untersucht. Der physikalische Schwingungsprozess der Schaufeln und die experimentellen Versuche, welche die Erhöhung der Schwingungskennzahlen ermöglichen, werden beschrieben. Schliesslich werden die Wege aufgezeigt, diese Schwingungseigenschaften günstiger zu gestalten.

Energetica *8* (1960), H. 3, S. 103–114

DK 621.165 : 534.63.002

Varadi Gh. und Vlădeanu Vl.: **Elektronisches Gerät zwecks Bestimmung der Resonanzfrequenz von Turbineschaufeln mit Hilfe des Verfahrens der erzwungenen Resonanz.**

Beschreibung des von dem Unternehmen IRME gebauten elektronischen Geräts Turbotest für Messung der eigenen Schwingungsfrequenz der Turbinenschaufeln, auf Grund des im vorstehenden Beitrag beschriebenen Verfahrens. Es werden bautechnische Einzelheiten sowie Arbeits- und Betriebseigenschaften des Geräts angeführt.

Energetica *8* (1960), H. 3, S. 114–117

DK 621.165 : 621–755.004

Schlotter Fr. und Stoianovici N.: **Statische und dynamische Auswuchtung der Turbinen- und Generatorrotoren im Kraftwerk Grozăveşti.**

Die Verfasser erörtern Verfahren der statischen und dynamischen Auswuchtung von Turbinen- und Generatorratoren des Kraftwerks Grozăveşti. Es werden die erforderlichen Arbeitsgänge angegeben.

Energetica *8* (1960), H. 3, S. 118–121

DK 621.314.222 : 621.3.048.004

Săndulescu S., Simian E., Mumjinschi E. und Minzărescu E.: **Nachprüfungsverfahren der Isolierung von in Betrieb befindlichen Transformatoren.**

Die Verfasser stellen ihre mehrjährige Betriebserfahrungen mit grossen Umspannern eines Elektrizitätsversorgungsunternehmens dar. Es werden die während des Betriebs überwachten Parameter und die für verschiedene Umspannerkategorien erzielten Schaubilder, sowie einige Schlussfolgerungen und Vorschläge erörtert.

Energetica *8* (1960), H. 3, S. 122–132

ENERGIEWIRTSCHAFT IM AUSLAND

DK 621.315.051/027.8 (43)

Rottman A,: **Das in der D.D.R. geplante 380 kV. Netz.**

Energetica *8* (1960), H. 3, S. 132–136

NOTEN • REZENSIONEN • MITTEILUNG DES NATIONALEN KOMITÉS C.I.G.R.E. • CHRONIK

SOMMAIRE

CD (063) ASIT
La séance du Conseil Central ASIT
Quelques conclusions ayant trait à l'activité de l'ASIT
Energetica *8* (1960), no. 3, p. 97–98

CD 620.9.001.1
Saphier I. I.: **Méthodes synthétiques d'établissement des quantités d'énergie nécessaires en perspective.**
On présente les méthodes qui prédéterminent les futurs besoins en énergie d'une région ou d'un pays sous une forme synthétique, au moyen d'une expression mathématique fonction du temps ou de certains facteurs de correlation. L'auteur conclut que dans l'économie planifiée sont applicables les méthodes synthétiques qui tiennent compte aussi des facteurs de corrélation et non seulement du temps. Il recommande la méthode du coefficient d'élasticité.
Energetica *8* (1960), no. 3, p. 99–102

CD 621.165 : 534.1.004.64
Brebenel D. S.: **Quelques aspects concernant le problème des trépidations aux aubes des turbines à vapeur**
On expose le problème des détériorations des turbines à vapeur par suite de la rupture des aubes, ainsi que les méthodes de mesurer les trépidations de ces aubes. On décrit le processus physique des trépidations aux aubes et les essais expérimentaux qui permettent d'améliorer les caractéristiques des trépidations. En concluant, on indique les voies propres à améliorer ces caractéristiques.
Energetica *8* (1960), no. 3, p. 103–114

CD 621.165 : 534.63.002
Varadi Gh. et Vlădeanu V.: **Un appareil électronique pour déterminer la fréquence de résonance des aubes des turbines par la méthode de la résonance forcée**
On décrit l'appareil électronique „Turbotest" construit à l'entreprinse IRME pour la mesure de la fréquence de l'oscillation propre des aubes des turbines, à l'aide de la méthode décrite dans l'article précédent. On donne des indications constructives, ainsi que des caractéristiques de fonctionnement et d'exploitation de l'appareil.
Energetica *8* (1960), no. 3, p. 114–117

CD 621.165 : 621–755.004
Schlotter Fr. et Stoianovici N.: **L'équilibrage statique et dynamique des rotors des turbines et des génératrices qui sont utilisées dans la centrale thermoélectrique Grozăveşti**
Les auteurs traitent des méthodes d'équilibrage statique et dynamique des rotors des turbines et des génératrices qui sont utilisés dans la centrale thermoélectrique Grozăveşti. On décrit le phénomène et l'on indique pratiquement les opérations nécessaires.
Energetica *8* (1960), no. 3, p. 118–121

CD 621.314.222 : 621.3.048.004
Săndulescu S., Simian E., Mumjinschi E. et Mînzărescu E.: **Méthodes de contrôler l'isolation des transformateurs pendant l'exploitation**
Les auteurs présentent leurs constatations personnelles faites lors de l'expérience d'exploitation, pendant plusiers années, sur les grands transformateurs de l'ancien Energotrust No. 1, relevant de la Direction Générale de l'Energie Electrique. On indique les paramètres dont la variation est étudiée pendant l'exploitation, on décrit les courbes résultées pour différentes catégories de transformateurs et l'on en dégage quelques conclusions et propositions pour l'avenir.
Energetica *8* (1960), no. 3, p. 122–132

L'ÉNERGÉTIQUE AU DELÀ DES FRONTIÉRES

CD 621.315.051/027.8 (43)
Rottman A.: **Le système de 380 kV étudié et conçu à l'intention de la République Démocratique Allemande**
Energetica *8* (1960), no. 3, p. 132–136

NOTES • COMPTES-RENDUS • NOUVELLES DU COMITÉ NATIONAL DE LA C.I.G.R.E. • CHRONIQUE

CONTENTS

DC (063) ASIT
The session of the Central Council of ASIT.
Some conclusions concerning the activities of ASIT
Energetica *8* (1960) no. 3, p. 97–98

DC 620.9.001.1
Saphier I. I.: **Synthetical methods of establishing the needed energy quantities in the future development**
The methods for predetermining the future requirements for energy of a region or a country are presented under a synthetical form, by means of a mathematical expression as a function of time or of certain co-relating factors.
The author concludes that in the planned economy the synthetical methods are applicable which take into consideration also the co-relating factors, not only the time. The method of the modulus of elasticity is recommended.
Energetica *8* (1960), no. 3, p. 99–102

DC 621.165 : 534.1.004.64
Brebenel D. S.: **Some aspects concerning the problem of vibrations at steam turbines blades**
The problem of steam turbines deterioration by breaking of blades and the methods of measuring the vibrations of these blades are presented. The physical process of vibrations at blades as well as the experimental tests permitting an improvement of the vibrations characteristics, are described. In conclusion, the ways of improving these characteristics are shown.
Energetica *8* (1960), no. 3, p. 103–114

DC 621.165 : 534.63.002
Varadi Gh. and Vlădeanu V.: **An electronic apparatus for determining the resonance freyuency of turbines blades by means of the forced resonance method.**
The electronic apparatus „Turbotest" is presented, built at the enterprise IRME for measuring natural oscillation frequency of turbine blades, by means of the method described in the preceding paper. Constructional indications ant the operating and working characteristic features of the apparatus are given.
Energetica *8* (1960), no. 3, p. 114–117

DC 621.163 : 621–755.004
Schlotter Fr. and Stoianovici N.: **The statie and dynamical balancing turbines and generators rotors in the thermal power station Grozăveşti**
The authors deal with static and dynamical balancing of the turbines and generators rotors, used in the thermoelectrical power station Grozăveşti. The phenomenon is described and the necessary operations are practically indicated.
Energetica *8* (1960), no. 3, p. 118–121

DC 621.314.222 : 621.3.048.004
Săndulescu S., Simian E., Mumjinschi E. and Mînzărescu E.: **Methods of cheeking the insulation of transformers in exploitation**
The authors present their own ascertainments made during the operational experience of several years on the big transformers in the former Energotrust No. 1 under the General Direction of Electrical Energy. The parameters, the variation of which are pursued in the working process are shown; the curves resulted for different kinds of transformers are described and some resulting conclusions and suggestions for the future are brought forward.
Energetica *8* (1960), no. 3, p. 122–132

ENERGETICS ABROAD

DC 621.315.051/027.8 (43)
Rottman A.: **The 380 kV system designed on behalf of the German Denmocratic Republic.**
Energetica *8* (1960), no. 3, p. 132–135

NOTES • BOOK REVIEWS • NEWS FROM THE CIGRE NATIONAL COMMITTEE • CHRONICLE.

(Continuare de pe coperta II)

2.2.3. *Dezvoltările matematice* vor fi limitate la cele absolut necesare înțelegerii raționamentului matematic. Este suficient, în general, punerea în ecuație și indicarea rezultatelor. Pentru demonstrații se vor alcătui anexe (v. pct. 2.1.7).

2.2.4. *Tabelele* se vor folosi în cazul cînd date numerice importante nu pot fi reprezentate grafic satisfăcător. Nu se admite folosirea concomitent a datelor numerice sub formă de tabelă și diagramă. Tabelele vor fi referite în text și se va indica sursa lor.

2.2.5. *Materialul grafic ilustrativ* (figuri, fotografii) va permite reprezentarea clară și intuitivă a unor idei, puncte de vedere. Ele trebuie să completeze expunerea din text și vor fi referite cu grijă în text indicîndu-se sursa lor.

2.2.6. *Sistematizarea și numerotarea* capitolelor se va face cu grije evitîndu-se excese. Se recomandă utilizarea sistemului zecimal.

2.3. **Forma exterioară a lucrării**

2.3.1. *Terminologie, mărimi și unități.* Se recomandă a fi conforme cu normele internaționale și STAS-urile în vigoare.

2.3.2. *Scrierea formulelor.* Se recomandă o atenție deosebită scrierii formulelor conform STAS.Indicii și exponenții se vor scrie mai mici decît baza și așezați mai jos sau mai sus decît baza. Se vor scrie, de asemenea, cu grije literile majuscule, minuscule sau cele rusești, romane, grecești, germane etc. Numerotarea formulelor se va face în dreapta în paranteze rotunde.

2.3.3. *Figurile* trebuie executate unitar și rațional. Ele vor fi numerotate în continuare. Fotografiile vor fi pe hîrtie strălucitoare alb-negru. Explicația figurilor se va face pe o pagină separată.

2.3.4. *Notele* din text se numerotează în continuare.

2.3.5. *Citarea* literaturii în text se face prin simpla indicare a poziției lucrării din cadrul listei bibliografice, în paranteze drepte, fără alte mențiuni.

2.3.6. *Lista bibliografică* se va întocmi cuprinzînd lucrările la care se referă textul (cît și figuri sau tabele), speciale cît și cele generale. Se vor indica toate datele în transcripții originale. Pentru cărți : numele complet, pronumele prescurtat, titlul complet (eventual și tradus, în paranteze), ediția, editorul, locul editării, anul. Pentru articole : numele complet, pronumele prescurtat, titlul complet original (eventual și tradus, în paranteze), revista, tomul, anul, numărul, pagina.

2.3.7. *Scrisul la mașină* a articolelor este recomandat cu insistență, exceptîndu-se lucrările scrise caligrafic. Se scrie pe o singură față, la două rînduri (2 000 semne pe pagină). În partea stîngă a foii se lasă o margine de 5 cm.

2.3.8. *Paginația* se face în continuare. Se recomandă un volum de 10—12 pagini pentru articole.

2.3.9. *Expedierea.* Lucrările (în dublu exemplar) vor fi prinse cu agrafe. Manuscrisul se expediază cu paginile întinse format A_4 și cu plicul conținînd materialul grafic-ilustrativ anexat.

3. RELAȚII CU REDACȚIA

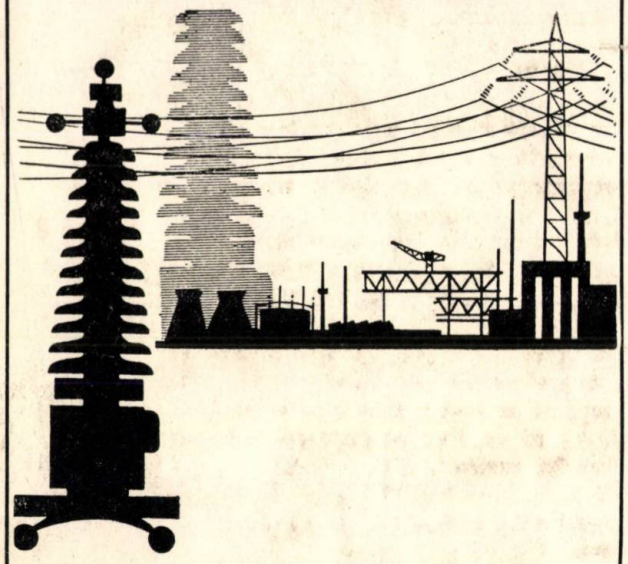
3.1. Nu se admite trimiterea concomitentă a textului la alte publicații.

3.2. Articolele se trimit cu o notă însoțitoare pe adresa redacției. În notă se vor indica : titluri academice, funcțiuni, localitatea și adresa domiciliului, nr. de telefon.

3.3. Lucrările executate în cadrul diverselor instituții sau organizații, vor purta aprobarea acestora de publicare.

3.4. Corecturile se vor face după normele tipografice in vigoare.

3.5. Corecturile trimise autorilor vor fi înapoiate în maximum 48 de ore de la primire. Nu se admit modificări esențiale față de manuscris. Modificări importante ale manuscrisului cad în sarcina autorului.



Tîrgul industrial de mostre german

HANOVRA

TOATE DOMENIILE DE PRODUCERE ŞI DE TRANSFORMARE A ELECTRICITĂŢII, DE DISTRIBUŢIE DE CURENT ŞI DE APLICARE A ENERGIEI ELECTRICE INCLUSIV ELECTRONICA

24 APRILIE — 3 MAI

1960

INGINERI ŞI TEHNICIENI

ABONAŢI-VĂ

la revistele tehnice de specialitate, elaborate de Asociaţia Ştiinţifică a Inginerilor şi Tehnicienilor, care aduc la cunoştinţă cadrelor tehnice din producţie, învăţămînt, cercetare şi proiectare, ultimele realizări obţinute în ştiinţele tehnice din ţară şi străinătate.

Apar

AUTOMATICA ŞI ELECTRONICA
CELULOZA ŞI HIRTIE
ELECTROTEHNICA
ENERGETICA
HIDROTEHNICA
INDUSTRIA LEMNULUI
INDUSTRIA TEXTILĂ
INDUSTRIA UŞOARĂ
METALURGIA ŞI CONSTRUCŢIA DE MAŞINI
PETROL ŞI GAZE
REVISTA CONSTRUCŢIILOR ŞI A MATERIALELOR DE CONSTRUCŢII
REVISTA DE CHIMIE
REVISTA INDUSTRIA ALIMENTARĂ—PRODUSE ANIMALE
REVISTA INDUSTRIA ALIMENTARĂ—PRODUSE VEGETALE
REVISTA MINELOR
REVISTA PĂDURILOR
REVISTA TRANSPORTURILOR
TELECOMUNICAŢII

Un abonament anual pentru ingineri şi tehnicieni lei 30, pentru biblioteci, instituţii, cabinete tehnice etc. lei 100, prin cont virament nr. 070124 B.R.P.R.-Filiala I. V. Stalin.

Abonamentele se primesc la sediul Consiliului Central A.S.I.T.

Bucureşti — Calea Victoriei Nr. 118 — Raionul I. V. Stalin — Telefon 14-06-24.

LEI 5

E 2039

REFERALVA

ENERGETICA

R

4

Energetica — Vol. 8 — aprilie nr. 4/1960 — p. 145-192 — București

1960

PLANUL TEMATIC PE ANUL 1960

A) ARTICOLE DE FOND ŞI EDITORIALE

În aceste articole se semnalează şi comentează evenimente politice, economice sau tehnico-ştiinţifice de însemnătate deosebită; ele apar sub semnătura unor personalităţi de seamă sau prin îngrijirea redacţiei.

B) ARTICOLE TEHNICO-ECONOMICE, TEHNICO-ORGANIZATORICE SAU TEHNICO-ŞTIINŢIFICE, în număr de 4—6 pentru fiecare număr al revistei, ele au caracter de originale sau de sinteză şi se tinde ca ele să fie repartizate în cuprinsul unui număr încît să acopere cît se poate de complet domeniile de specialitate ale revistei.

B_1) ARTICOLE TEHNICO-ECONOMICE ŞI TEHNICO-ORGANIZATORICE

— Mijloacele de reducere a preţului de cost al investiţiilor şi a preţului de cost al energiei electrice la locul de producţie şi la locul de consumaţie.
— Indicii tehnico-economici în exploatarea centralelor termoelectrice.
— Consumul specific de energie electrică pe unitatea de produs în diferite industrii.
— Stabilirea normelor de calcul al preţului de cost al energiei.
— Căile pentru reducerea preţului de cost în proiectarea şi execuţia instalaţiilor energetice.
— Planificarea şi normarea muncii pe şantierele de construcţie şi montaj a instalaţiilor energetice.
— Planificarea şi normarea muncii în institutele de proiectare şi cercetări energetice.
— Planificarea şi normarea muncii în exploatarea instalaţiilor energetice.
— Consideraţii asupra posibilităţilor de reducere a consumurilor serviciilor interne ale centralelor termoelectrice.
— Diferite metode pentru asigurarea protecţiei şi securităţii muncii în energetică.
— Măsuri tehnico-organizatorice pentru protecţia muncii în industria energetică.
— Protecţia muncii în instalaţiile termotehnice.
— Lupta contra prafului de cărbune în sălile de cazane.
— Protecţia muncii în centralele atomoelectrice.

B_2) ENERGETICA GENERALĂ

— Sursele de energie ale ţării, valoarea economică a fiecărei surse, posibilităţile tehnice de valorificare.
— Liniile de orientare a elctricităţii în R.P.R. în cel de al III-lea plan cincinal.
— Folosirea combustibililor locali ţinînd seamă de economia energetică a ţării.
— Electrificarea agriculturii.
— Energetica oraşului.
— Energetica transporturilor.
— Aplicarea curbelor de sarcină şi îmbunătăţirea factorului de putere în sistemele energetice.
— Folosirea energetică a gazelor naturale în R.P.R.
— Noi procedee pentru producerea energiei electrice-pila de combustie, semi-conductori etc.
— Colaborarea energetică internaţională.

B_3) TERMOENERGETICA

— Combustibilii din R.P.R., caracteristicile lor energetice şi folosirea lor raţională.
— Folosirea energochimică a combustibililor din R.P.R.
— Folosirea combustibililor inferiori în focarele industriale.
— Arderea cărbunilor din R.P.R. în stare pulverulentă.
— Probleme în legătură cu arderea economică a combustibililor în focare industriale.
— Focare cu evacuarea lichidă a zgurii.
— Aplicarea recirculării gazelor de ardere la cuptoarele industriale.
— Aerodinamica focarelor industriale şi importanţa sa în procesul de combustie.
— Sisteme de filtrare a gazelor de ardere rezultate din arderea cărbunelui pulverizat.
— Automatizarea instalaţiilor termice în centrale.
— Reglarea automată a cazanelor cu abur.
— Reglarea automată a turbinelor de abur.
— Probleme speciale ale cazanelor de presiuni înalte şi foarte înalte.
— Depozite de combustibil. Metode raţionale de depozitare a cărbunilor.
— Tendinţe moderne în construcţia centralelor termoelectrice.
— Centrale de termoficare moderne.
— Folosirea intensivă şi extensivă a echipamentului din centralele electrice.
— Probleme de exploatare economică a centralelor termoelectrice.
— Analize de avarii în centrale termoelectrice şi măsuri pentru evitarea lor.
— Probleme legate de alimentarea cu apă de răcire a centralelor termoelectrice.
— Măsuri pentru evitarea pagubelor datorită rigorilor iernii în centrale termoelectrice.
— Reţele termice şi schemele cele mai adecuate pentru R.P.R.
— Funcţionarea în paralel a reţelelor termice. Automatizarea reţelelor termice.
— Perspectivele folosirii turbinei cu gaze în centralele termoelectrice.

B_4) ELECTROENERGETICA

— Mijloace auxiliare de calcul pentru studiul sistemelor energetice: modele, analizatoare, calculatoare.
— Stabilitatea statică şi dinamică a sistemelor energetice.
— Studii teoretice şi constatări experimentale.
— Automatizarea în sistemele energetice.
— Tratarea neutrului în sistemele energetice. Soluţii indicate pentru R.P.R.
— Liniile aeriene cele mai indicate pentru R.P.R.
— Linii aeriene pentru electrificări rurale.
— Sisteme de protecţie în sistemele energetice moderne cu posibilităţi de aplicare în reţelele noastre.
— Supratensiuni şi protecţia împotriva lor în sistemele energetice din R.P.R.
— Folosirea aluminiului în construcţia liniilor de transport şi distribuţie cît şi în instalaţii interioare.
— Rolul şi funcţiunile conductoarelor de protecţie şi a punerii la pămînt a stîlpilor pentru reţelele de înaltă tensiune.
— Tensiunea optimă, în condiţiile din R.P.R., pentru electrificări rurale.
— Influenţa chiciurii asupra liniilor de înaltă tensiune. Măsuri pentru evitarea depunerii chiciurii
— Tendinţe noi în proiectarea şi construirea liniilor şi staţiilor de înaltă tensiune.
— Sisteme de comunicaţie telefonică pe linii de înaltă tensiune.
— Pierderile în reţele, normarea şi reducerea lor.
— Tracţiunea electrică şi Diesel electrică.
— Sisteme moderne de electrificare c.f.
— Scheme şi dispoziţii economice pentru staţii de 6—35 kV. Celule prefabricate.
— Posturi de transformare mobile pentru consumatori sezonieri şi electrificări agricole.
— Telemecanica în sistemele energetice.
— Tendinţe noi în construcţia camerelor de comandă.

B_5) HIDROENERGETICA

— Lucrări hidrografice în scopuri hidroenergetice.
— Metode rapide pentru determinarea principalelor caracteristici hidrografice-energetice ale unui curs de apă.
— Hidroenergetica în planurile de amenajare complexă a cursurilor de apă.
— Cercetarea eficienţei unei acumulări de interes hidroenergetic în cadrul unui plan de gospodărire complexă a apelor.
— Problema compensării debitelor în cadrul amenajărilor hidroelectrice.
— Regimul de funcţionare al uzinei hidroelectrice.
— Studii şi probleme de viitor ale uzinelor fluviale în R.P.R.
— Centralele hidroelectrice cu pompaj.
— Probleme de economie a amenajărilor hidroenergetice.
— Indicii de producţie ai centralelor hidroelectrice.
— Exploatarea construcţiilor de interes hidroenergetic în timpul iernii.
— Tipuri de turbine, folosirea lor la diferite tipuri de uzine hidroelectrice.
— Turbinele microcentralelor rurale.
— Probleme de exploatare a echipamentului hidromecanic şi influenţa asupra proiectării.

B_6) ENERGETICA NUCLEARĂ

— Folosirea energiei nucleare în centrale atomoelectrice.
— Procese de bază în tehnica obţinerii energiei nucleare.
— Reactoare pentru centrale atomoelectrice.
— Scheme termice pentru centrale atomoelectrice.
— Probleme de reglaj în centrale atomoelectrice.
— Aspectul economic al folosirii energiei nucleare pentru producerea de energie electrică.
— Studiul construcţiei de centrale atomoelectrice în diferite ţări.
— Obţinerea de energie electrică din reacţii termonucleare dirijate.

C) RUBRICI SPECIALIZATE PE ANUMITE ASPECTE SPECIFICE

a) „Din experienţa întreprinderilor" şi „În ajutorul exploatării" conţin prezentări scurte ale realizărilor obţinute de oamenii muncii din ţara noastră în instalaţiile energetice.

b) „Pentru noile cadre" cuprinde articole de sinteză sau de aplicare pe exemple numerice concrete ale unor metode noi servind pentru orientarea tinerilor ingineri.

c) „Energetica peste hotare" descrie realizări sau proiectări energetice din altă ţară.

d) „Discuţii" ce sînt purtate asupra unor lucrări sau articole deja apărute constînd dintr-o luare de poziţie şi eventual un răspuns.

e) „Din activitatea ASIT" în care se descriu şi popularizează acţiunile ASIT-ului în general, şi în special ale secţiei de specialitate a Consiliului Central şi a secţii lor de la filiale.

f) „Din viaţa asociaţiilor naţionale de ingineri şi energeticieni (resp. electricieni) din alte ţări".

g) „Cronica" servind la comunicarea sau reamintirea unor evenimente de interes pentru energeticieni: congrese, conferinţe, aniversări, comemorări etc.

h) „Documentare" conţinînd note scurte cu indicaţii bibliografice complete ale unor articole sau lucrări apărute în alte reviste din ţară sau străinătate, care se consideră de către redacţie a fi interesante şi utile cititorilor.

i) „Recenzii" care sînt prezentări mai ample şi critice ale unor lucrări de volum şi importanţă rară. Recenzorii aleşi de redacţie printre persoanele competente în specialitatea respectivă trebuie să facă o critică constructivă a lucrării putînd servi la îmbunătăţirea unor eventuale ediţii ulterioare.

j) „Bibliografie" conţinînd doar titlurile unor articole, rapoarte sau referate din ţară sau străinătate care merită a fi semnalate cititorilor revistei, fără a exista însă posibilitatea unei rezumări a lor sub formă de note documentare.

ENERGETICA

ANUL 8 Nr. 4 APRILIE 1960

CUPRINS

CZ 621.165.002.2

Săftoiu Gh.: **Soluţii specifice în problema folosirii paletelor de turbine confecţionate în întreprinderea Energo-Reparaţii.**

Se prezintă aspectele tehnologice cele mai importante ale fabricaţiei paletelor de turbină la întreprinderea „Energo-Reparaţii". Este caracteristic numărul mare de profile variate ce trebuie să fie confecţionate, în cantităţi de serie mică şi mijlocie. S-au impus soluţii constructive noi care au dat bune rezultate în exploatare şi au condus la realizarea de economii importante.

Energetica 8 (1960) nr. 4, p. 145—148

CZ 621.438.001.3

Iacobovici Th.: **Motoarele cu pistoane libere. Consideraţii teoretice.**

Intr-un articol de sinteză şi prezentare, autorul expune principiul de funcţionare şi domeniul de utilizare al motoarelor cu pistoane libere sau mai corect al generatoarelor de gaze cu pistoane libere care sînt motoare în doi timpi cu ardere izobară ce se folosesc ca generatoare de gaze fierbinţi sub presiune pentru alimentarea turbinelor cu gaze.

Energetica 8 (1960), nr. 4, p. 149—152

CZ 621.315.1:621.316.99.002

Soare D. şi Stoleru B.: **Consideraţii referitoare la legarea la nul în reţelele de joasă tensiune.**

Articolul conţine o expunere a metodelor actuale folosite pentru legarea la nul în reţelele de joasă tensiune din ţara noastră. In continuare se propune legarea la nul a stîlpilor metalici şi de beton armat ai liniilor de 380/220 V, cu luarea unor măsuri adiţionale şi anume: dimensionarea corectă a siguranţelor fuzibile şi montarea conductorului de nul în partea de jos a stîlpului.

Energetica 8 (1960) nr. 4, p. 153—158

CZ 621.315.668.3.001.24

Nedelcu O.: **Calculul la răsucire al suporţilor de linii de transport alcătuiţi din doi stîlpi asamblaţi cu bride.**

Lucrarea scrisă de un inginer constructor, specialist în construcţii energetice — tratează problema calculului suporţilor de linii de transport de energie electrică alcătuiţi din doi stîlpi de beton armat asamblaţi prin bride orizontale.

Energetica 8 (1960) nr. 4, p. 158—167

CZ 621.314.2:621.313.3.004.5

Grosu Şt.: **Metode şi utilaje pentru încercarea în exploatare a transformatoarelor şi motoarelor.**

Articolul este scris de un inginer specialist în construcţia de maşini şi aparate electrice în atenţia personalului de exploatare a motoarelor şi transformatoarelor. Se descriu o serie de metode practice, realizările în exploatările energetice pentru încercarea la faţa locului a utilajului energetic respectiv.

Energetica 8 (1960) nr. 4, p. 168—172

CZ 621.311.22.005/004.5

Golici D.: **Protecţia conductelor de transport al cărbunelui împotriva eroziunii.**

Energetica 8 (1960) nr. 4, p. 173—177

CZ 621.315.1:621.395.44.005

Vlădeanu V. şi Budaşcă V.: **Echipament de curenţi purtători pentru legături telefonice utilizînd conductoarele liniilor de înaltă tensiune.**

Energetica 8 (1960) nr. 4, p. 177—178

DIN ÎNTREPRINDERI ★ ENERGETICA PESTE HOTARE ★ DOCUMENTARE ★ RECENZII

COMITETUL DE REDACȚIE

Prof ing. **I. D. STANCESCU**, redactor responsabil, conf. ing. **C. MIHAILEANU**, redactor responsabil adjunct, conf. ing. **I. A. BADEA**, prof. ing. **M. BERCOVICI**, membru corespondent al Academiei R.P.R., laureat al Premiului de Stat, ing. **M. COGĂLNICEANU**, conf. ing. **E. CONSTANTINESCU**, ing. **P. DIMO**, laureat al Premiului de Stat, prof. ing. **C. DINCULESCU**, membru corespondent al Academiei R.P.R., ing. **I. V. HERESCU**, conf. ing. **N. MOLDOVEANU**, prof. ing. **C. PENESCU**, ing. **T. POPA**, ing. **S SĂNDULESCU** și ing. **P. VICOL**

Revista „**ENERGETICA**", organ al Asociației Științifice a Inginerilor și Tehnicienilor din R.P.R. și al Ministerului Industriei Grele. Redacția : București, Str. Ion Ghica Nr. 3, Raion Tudor Vladimirescu, Telefon 16.78.78 — Administrația și Casieria : București Calea Victoriei, Nr. 118, Raion I. V. Stalin. Telefon 14.06.24 — Revista este editată de A. S. I. T. — Abonamentele se primesc la administrația revistei, la sediul filialelor A. S. I. T. din întreaga țară și prin responsabilii cu presa din cercurile A.S.I.T. — Instituțiile pot achita abonamentele pentru biblioteci și cabinetele tehnice în contul nostru de virament : Publicațiile Tehnice A.S.I.T. 070124 B.R.P.R. Filiala I. V. Stalin — București — Tarif pentru întreprinderi : lei 100 anual. — Tarif pentru muncitori, tehnicieni și ingineri : lei 30 anual — Prețul unui exemplar : lei 5 — Tiparul : Întreprinderea Poligrafică Nr. 2, București

ENERGETICA

ANUL 8
1960
Nr. 4
APRILIE

ORGAN AL ASOCIAȚIEI ȘTIINȚIFICE A INGINERILOR ȘI TEHNICIENILOR DIN R.P.R.
ȘI AL MINISTERULUI INDUSTRIEI GRELE

Soluții specifice în problema folosirii paletelor de turbine confecționate în întreprinderea Energo-Reparații

Ing. *GH. SĂFTOIU*

În întreținerea și dezvoltarea capacității centralelor termoelectrice, întreprinderea Energo-Reparații are un rol important. Astfel în fața colectivului de muncitori și tehnicieni al întreprinderii se pune sarcina păstrării integrale a capacității de producție a centralelor electrice și a îmbunătățirii randamentului agregatelor de turbine cu abur și motoare Diesel, prin piesele de schimb de calitate corespunzătoare condițiilor de exploatare pe care le execută și prin reparații capitale de tehnicitate ridicată.

Dintre toate piesele de schimb confecționate la Energo-Reparații un loc însemnat îl ocupă paletele turbinelor cu abur. În perioada 1953—1960 întreprinderea Energo-Reparații și-a însușit în fabricare circa 200 profile diferite de palete care au fost confecționate, reprezentînd aproximativ 700 000 palete pentru diferite turbine vechi din sistemul nostru.

Paletele au o durată de viață relativ scurtă față de durata întregului agregat și prin urmare trebuie înlocuite mai des decît alte elemente (carcase, axe, discuri etc.) și sînt în același timp numeroase, la unele turbine atingînd de exemplu cifra de 10 000—20 000 buc.

În fabricarea paletelor trebuie să se țină cont de o serie de condiții principale: execuție de precizie, siguranță și economie în exploatare, execuție într-un timp cît mai scurt, preț de cost cît mai scăzut. Condiția de calitate superioară a paletelor impune un proces tehnologic foarte bine studiat și riguros controlat pînă în ultima fază a confecționării lor, întrucît defectarea unei singure palete în timpul funcționării poate atrage după sine distrugerea întregii paletaturi a turbinii. De asemenea, se relevă aplicarea unor toleranțe de execuție foarte strînse (0,01—0,05 mm), ceea ce implică complicațiile respective în fabricație.

Problema asigurării cu palete fabricate în țară a turbinelor cu aburi din sistemul nostru energetic se complică datorită existenței în centralele noastre a unei mari varietăți de tipuri și mărimi de turbine, pe care sînt montate o diversitate și mai mare de profile de palete (fig. 1).

Execuția acestora în mod fidel, după originalele de pe mașini, conduce la un preț de cost foarte ridicat. De aceea, se impune o tipizare judicioasă, ca urmare a unor studii, a tuturor paletelor existente pe turbinele din sistemul nostru energetic.

De asemenea trebuie avut în vedere și faptul că se mai întîlnesc încă în centralele noastre turbine de o construcție mai veche, care au

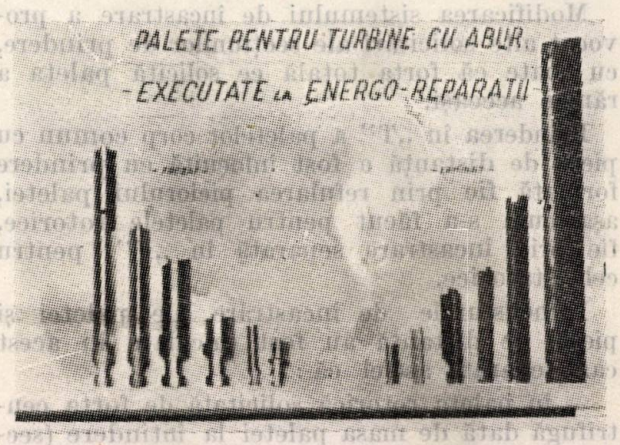


Fig. 1. Palete pentru turbine cu abur executate la Energo-Reparații.

unele deficiențe constructive, datorită fie unor metode vechi de execuție, fie netratării de către constructor a unor fenomene ce pot apărea

în exploatarea îndelungată, cum ar fi, de exemplu, fenomenul de oboseală a materialului ce atrage după sine o micşorare a frecvenţei proprii a paletelor, care poate duce la intrarea în zona de rezonanţă şi deci la ruperea lor.

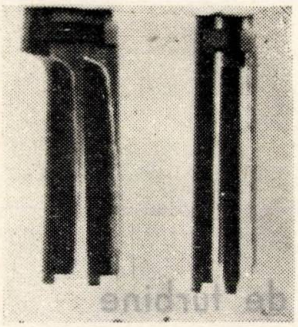


Fig. 2. Noul sistem de încastrare.

În proiectarea şi executarea paletelor trebuie să se ţină seama de toate aceste considerente pentru a se obţine rezultatele cele mai bune. În execuţia paletelor, în general, din multiplele procedee tehnologice folosite, se impun două mai principale prin care se realizează profilul şi care de altfel caracterizează însăşi nomenclatura paletelor respective. Acestea sînt laminarea şi frezarea.

Alegerea procesului tehnologic care trebuie să satisfacă condiţiile amintite mai sus depinde de numărul de bucăţi cuprins într-o serie. Astfel, dată fiind pregătirea voluminoasă necesară în fabricarea paletelor laminate, procedeul de laminare rentează să fie introdus numai la serii medii şi mari. Este de menţionat că laminarea conduce la o dispunere longitudinală a fibrajului materialului paletelor, ceea ce îi măreşte rezistenţa în sensul solicitărilor, şi că din acest punct de vedere laminarea aduce un avantaj faţă de frezare.

Executarea prin laminare a paletelor pentru două turbine de 5000 kW şi 3 000 t/min, în locul paletelor originale frezate, a condus implicit şi la schimbarea sistemului lor de încastrare (fig. 2).

Modificarea sistemului de încastrare a provocat alte solicitări ale secţiunilor de prindere, cu toate că forţa totală ce solicită paleta a rămas aceeaşi.

Prinderea în „T" a paletelor corp comun cu piesa de distanţă a fost înlocuită cu prindere formată fie prin refularea piciorului paletei, aşa cum s-a făcut pentru paletele rotorice, fie prin încastrare separată în „F", pentru cele statorice.

Dimensiunile de încastrare ale paletei şi piesei de distanţă au fost calculate în acest caz separat, astfel că :

— în paleta rotorică solicitată de forţa centrifugă dată de masa paletei la întindere (secţiunea *1—1'*), forfecare (secţiunea *2—2'*) şi compresiune (secţiunea *3—3'*), au luat naştere valori ale lui σ_t, τ şi σ_c mai mari decît în cazul original, dar totuşi admisibile (< 700 kg/cm^2) pentru oţelul respectiv;

— în piesa de distanţă valorile eforturilor unitare nu au variat cu mult faţă de cele iniţiale, rămînînd şi aici în limite admisibile (fig. 3).

Acest procedeu aplicat unei serii de 8260 buc. a condus la o economie de aproximativ 40 000 lei şi la scurtarea timpului de fabricaţie cu aproximativ 3 luni.

Aşa după cum la serii de palete medii şi mari s-a dovedit rentabil procedeul de fabricaţie prin laminare, la seriile mici se impune procedeul de fabricare prin frezare, procedeu ce implică un volum mai mic de pregătire tehnologică şi de fabricaţie decît procedeul prin laminare.

Unele serii mici de palete, al căror procedeu de fabricare original a fost laminarea (fabrica constructoare executîndu-le în serii mari), au fost executate prin frezare, fapt care de asemenea a condus la micşorarea preţului de cost.

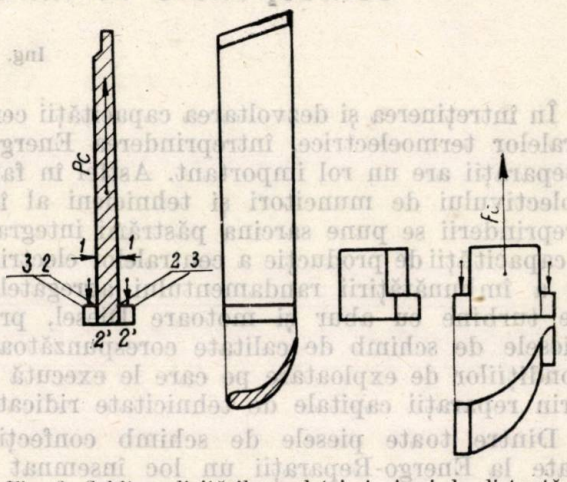


Fig. 3. Schiţa solicitărilor paletei şi piesei de distanţă (modificate).

În această categorie se situează de exemplu paletele treptelor de reglaj (aproximativ cîte 200 buc.) (fig. 4).

Şi în acest caz este necesară calcularea dimensiunilor noi de încastrare şi a comportării

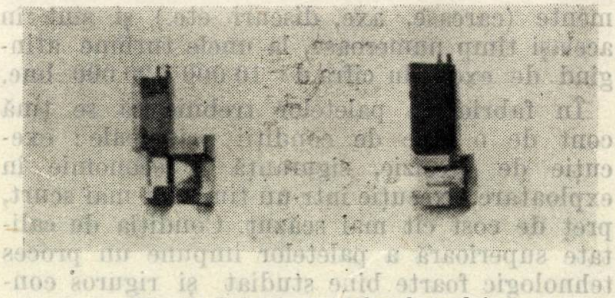


Fig. 4. Paletele treptelor de reglaj.

noului tip de paletă la vibraţii, pentru a avea siguranţă în exploatare.

Pe linia micşorării preţului de cost al paletelor, în unele cazuri s-au aplicat modificări constructive, care în general nu au influenţat

randamentul turbinei respective. În această categorie se citează de ex. paletele din fig. 5, care, avînd piciorul frezat din corpul paletei și dispus simetric pe extradosul și intradosul

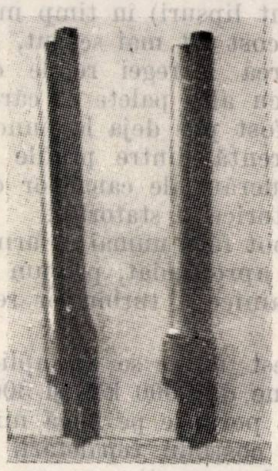


Fig. 5. Palete avînd piciorul frezat din corpul paletei și dispus simetric pe extradosul și intradosul paletei.

Fig. 6. Palete executate prin încovoiere la rece a profilului paletei.

paletei, impuneau o prelucrare anevoioasă a intradosului (fig. 5).

Prin dispunerea grosimii piciorului numai pe extradosul paletei s-a obținut o micșorare simțitoare a volumului manoperei de prelucrare a acesteia și de asemenea o scurtare a ciclului de fabricație, fără a influența funcționarea normală a paletei, cu toate că centrul de greutate s-a deplasat cu aproape 0,5 mm către extradosul paletei.

Tot pentru obținerea unor economii în fabricarea paletelor s-a trecut la înlocuirea paletelor confecționate din materiale mai scumpe (alamă) cu palete confecționate din oțel incorodal (13C130), cu toate că cele două materiale dau o comportare diferită a paletelor la vibrații.

Pentru a se evita intrarea paletelor în zona de rezonanță a fost necesară recalcularea lor la vibrații și introducerea ca urmare a acestui calcul a unor modificări adecvate (mărirea diametrului sîrmei, schimbarea dispoziției sîrmei etc.).

La turbinele mai vechi ce se găsesc în exploatare în centralele noastre și la care au apărut o serie de deficiențe constructive, cu ocazia repaletării au trebuit să fie introduse unele modificări, pentru a le înlătura, obținîndu-se în felul acesta fie un randament mai ridicat, fie siguranță mai mare în exploatare.

În această categorie se citează modificarea încastrării paletelor rotorice a două turbine de 5000 kW și 3000 t/min. Paletele acestor turbine fuseseră executate de constructor prin încovoierea la rece a profilului paletei (fig. 6), ceea ce provoca o slăbire a materialului chiar în zona solicitărilor maxime (fibrele provenite din laminare sufereau o deformare la rece ce întrecea limita de curgere), fapt care a dus la ruperi repetate ale paletelor în această zonă.

Pentru a înlătura această deficiență și în același timp pentru a încadra aceste palete în procedeul de fabricație folosit la Energo-Reparații, s-a trecut la executarea paletelor cu picior refulat.

Introducerea acestui sistem de încastrare a dus la o comportare mai bună a paletelor la vibrații, fapt confirmat de altfel și de funcționarea acestor palete în timp de cca. 3 ani.

Alte deficiențe au apărut la unele tipuri vechi de turbine, ca urmare a unei eronate scurgeri hidrodinamice defectoase a aburului în lungul evazării. Astfel de cazuri au fost întîlnite la cîteva din turbinele care sînt montate în centralele noastre, datorită unei dimensionări eronate a jocurilor radiale ale paletaturii (fig. 7), fapt care conducea la o pierdere destul de mare de energie a aburului prin scăpări și deci la o micșorare a randamentului.

Piesele de distanță ieșind din canalul lor cca. 6—10 mm provocau o turbionare accentuată.

Pentru înlăturarea acestor neajunsuri s-au executat palete cu o lungime mai mare și cu subțiere pentru micșorarea efectului atingerii radiale la capătul liber și deci jocurile micșorîndu-se mult, pierderile prin scăpări au fost diminuate. Pentru micșorarea turbionării s-au executat piesele de distanță cu o dimensiune de ieșire din canalul de încastrare mai mică

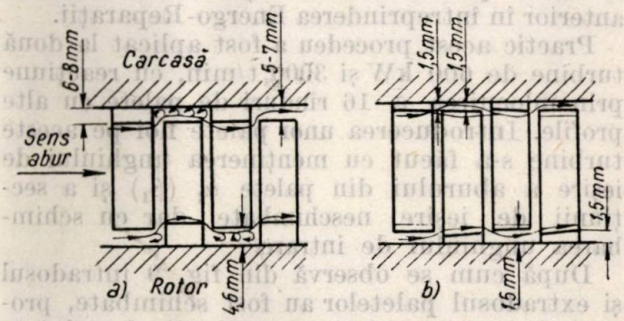


Fig. 7. Schița modificării jocurilor radiale: *a* — sistem vechi; *b* — sistem nou.

și sub un unghi anumit, pentru a produce totuși o șicanare a aburului care ar avea tendința de a scăpa prin aceste jocuri.

Carcasele unor turbine de abur, după un timp de 20—30 ani de exploatare, se ovalizează (fig. 8), astfel că jocurile radiale nu mai sînt egale pe toată circumferința.

Deseori aceste carcase prezintă urme pronunțate de erodare și corodare, în special la parametri mai scăzuți (partea dinspre condensator), fapt care mărește turbionarea scurgerii aburului.

În scopul înlăturării acestor deficiențe, cu ocazia înlocuirii paletelor, carcasele se supun operației de rectificare a suprafețelor prin strunjire la fața locului (cu ajutorul unui dispozitiv special construit) și se înlătură atît neregularitățile cît și ovalizările, obținîndu-se în modul acesta un randament crescut. Uneori la repaletarea turbinelor se face și trecerea la parametri superiori ai aburului la intrare. Construcția paletaturii pentru funcționarea la parametri crescuți ai aburului este diferită de cea a paletelor cu care au fost echipate inițial mașinile respective, întrucît condițiile curgerii fluidului se schimbă.

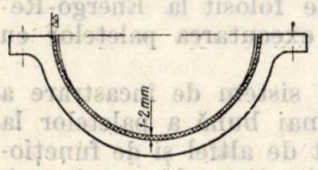


Fig. 8. Schița remanierii carcasei (înlăturarea ovalizării).

De asemenea, în astfel de modificări ale condițiilor de funcționare este evidentă creșterea solicitărilor materialelor din care sînt confecționate elementele mașinii afectate și care nu sînt totuși înlocuite.

Solicitările acestora trebuie să fie menținute în limite admisibile, avîndu-se în același timp în vedere și fenomenul de oboseală a materialului, care a intervenit într-un timp destul de îndelungat, cam de 20—30 ani de funcționare.

Pentru a scurta ciclul de fabricație a unor palete, pentru laminarea cărora pregătirea de fabricație nu era încă efectuată, s-a trecut la înlocuirea acestora cu profile asemănătoare, dar al căror proces de fabricație fusese asimilat anterior în întreprinderea Energo-Reparații.

Practic acest procedeu a fost aplicat la două turbine de 600 kW și 3000 t/min, cu reacțiune prin înlocuirea a 16 rînduri de palete cu alte profile. Introducerea unor palete noi pe aceste turbine s-a făcut cu menținerea unghiului de ieșire a aburului din palete α_1 (β_1) și a secțiunii de ieșire neschimbate, dar cu schimbarea unghiului de intrare.

După cum se observă din fig. 9 intradosul și extradosul paletelor au fost schimbate, provocînd o altă variație a presiunii aburului în lungul canalului paletelor, dar care a rămas totuși neesențială.

După cum s-a constatat în exploatare, pierderile nu au crescut în urma acestei modificări, consumul specific de abur modificîndu-se în mod favorabil.

Se remarcă faptul că prin această soluționare a problemei s-a economisit toată manopera și materialul dispozitivelor ce ar fi fost necesare la fabricația paletelor și s-a redus în felul acesta cu mult și timpul de executare, ceea ce a dus la o montare mai rapidă a lor pe mașini.

În sensul readucerii turbinelor la puterea nominală prin înlocuirea sau completarea paletaturii (acolo unde sînt lipsuri) în timp mai scurt și la un preț de cost cît mai scăzut, se trece acum la înlocuirea întregei rețele de palete a unor turbine cu alte palete al căror proces de fabricație a fost pus deja la punct, chiar dacă există diferență dintre profile și dacă sînt necesare prelucrări ale canalelor de prindere (încastrare) rotorice și statorice.

Aceste schimbări se pot face numai în urma unui studiu detaliat și aprofundat, precum și a recalculării termodinamice a turbinelor respective.

O modificare de acest fel ce se va aplica unei turbine de reacțiune de 2000 kW și 3000 t/min. cu 30 trepte va permite pe lîngă micșorarea substanțială a costului repaletării și o scurtare a timpului de execuție, precum și verificarea unei linii de urmat în ceea ce privește repaletarea celor mai diferite tipuri de turbine.

În urma aplicării acestei metode se va putea micșora mult numărul de profile existent pe diferitele tipuri și mărimi de turbine, repale-

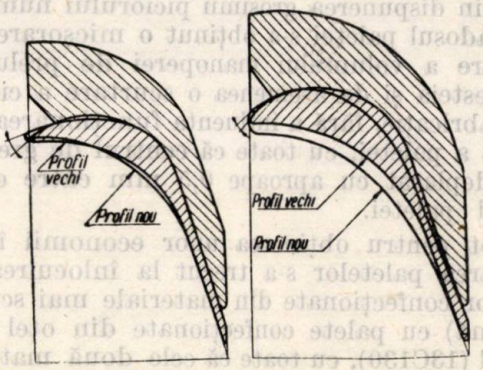


Fig. 9. Schimbarea profilelor existente pe mașina de 6000 kW și 3 000 rot/min.

tarea lor făcîndu-se în condițiile unui preț de cost scăzut și într-un timp scurt. Tendința actuală a întreprinderii Energo-Reparații este de a se fixa asupra unor serii de familii de profile, al căror proces tehnologic de fabricație să fie bine pus la punct și a căror comportare în exploatare se va dovedi bună și sigură. Se ia în considerare fabricarea anuală a circa 120 profile cu circa 150 000 palete pe an.

Se va trece de asemenea la însușirea profilelor variabile și răsucite și ale ultimelor rînduri ale marilor turbine cu condensație.

Motoarele cu pistoane libere

Considerații teoretice

Ing. *TH. IACOBOVICI*

Deși concepția motoarelor cu pistoane libere datează de peste trei decenii, ele nu s-au putut afirma decît după ultimul război mondial, o dată cu realizarea practică a turbinelor de gaze. În prezent, motoarele cu pistoane libere sînt utilizate cu succes în centrale termoelectrice, industriale și pe nave, în unități de 2 — 10 MW, iar în ultimul timp se încearcă folosirea lor pe locomotive și automobile. În cele ce urmează se vor expune pe scurt principiile teoretice care stau la baza funcționării acestor motoare.

Motoarele cu pistoane libere sînt motoare în doi timpi cu ardere izobară, care nu servesc pentru producerea de energie mecanică, ci funcționează ca generatoare de gaze fierbinți sub presiune, destinate a servi pentru alimentarea turbinelor de gaze, astfel că o denumire mai corectă ar fi aceea de *generatoare de gaze cu pistoane libere*.

Motoarele cu pistoane libere cuprind un cilindru în care două pistoane se mișcă liber, în sens opus, fără alte piese mecanice.

Cilindrul (fig. 1) este prevăzut în partea centrală cu orificii laterale (ferestre) de admisie și evacuare, iar pistoanele au cîte o prelungire etajată de diametru mai mare, care lucrează în doi cilindri (P) corespunzători, prevăzuți cu supape de aspirație și de refulare, făcînd oficiul de pompe de baleiaj și debitînd aer într-un rezervor intermediar (R) dispus în jurul cilindrului. Două camere închise de amortizare (A), dispuse de fiecare parte, îndeplinesc funcția de volanți și asigură revenirea pistoanelor în poziția centrală, cînd ele cuprind între ele volumul minim V_0, care constituie camera de ardere a motorului și în care se injectează combustibilul. Un rezervor-tampon (B) servește pentru primirea gazelor evacuate și pentru amortizarea pulsațiilor de presiune, asigurînd un debit continuu la intrarea în turbina de gaze (T).

Se vor urmări fazele de funcționare. Prin destinderea gazelor de ardere în cilindru, pistoanele sînt împinse în afară, aspirînd aer în pompele de baleiaj și comprimînd totodată aerul din camerele de amortizare. Prin aceasta se încetinește mișcarea pistoanelor care se opresc într-o poziție extremă, cînd ferestrele de admisie și de evacuare sînt descoperite, astfel că are loc baleiajul și cilindrul se umple cu aer proaspăt din rezervorul intermediar. Prin destinderea aerului din camerele de amortizare, pistoanele se apropie unul de altul, acoperind succesiv ferestrele de evacuare și apoi pe cele de admisie, comprimînd aerul din cilindru. Acesta, la rîndul său, încetinește și frînează mișcarea pistoanelor, care se opresc în poziția extremă internă, cu spațiul V_0 între ele, după care urmează injecția combustibilului și ciclul în doi timpi reîncepe.

Considerînd pentru motorul teoretic, comprimarea și destinderea aerului închis în camerele amortizoare drept transformări reversibile, lipsite de pierderi și frecări, lucrul mecanic

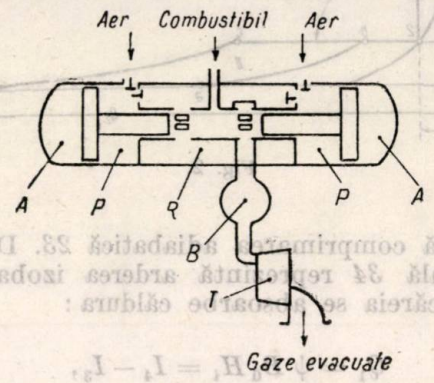


Fig. 1.

produs în cilindrul motorului este consumat integral pentru a conferi curentului de gaze de ardere evacuate o anumită capacitate de lucru, prin aceea că aceste gaze sînt evacuate la o anumită presiune și temperatură, putînd produce lucru util prin destindere într-o mașină termică convenabilă, în particular într-o turbină de gaze.

Diametrul cilindrilor pompelor de baleiaj se alege astfel, încît debitul de aer să asigure pe lîngă baleiajul propriu-zis și răcirea prin diluare a gazelor de ardere, în vederea menajării paletelor turbinei. În consecință, debitul de aer al pompelor de baleiaj reprezintă un multiplu n al aerului necesar pentru umplerea cilindrului.

Pentru stabilirea ciclului teoretic al motoarelor cu pistoane libere în diagrama $p-V$, se va separa mintal din debitul total de aer al pompelor de baleiaj cantitatea de aer necesară pentru umplere, determinată de volumul de cursă V_s al cilindrului, în poziția în care pistoanele închid ferestrele de evacuare.

Deci dacă în fig. 2 curba ab reprezintă comprimarea adiabatică în pompele de baleiaj la presiunea p_2, curba 12 va reprezenta pe aceea a aerului de umplere, astfel că $V_1 = V_a/n$ și $V_2 = V_s = V_b/n$, fiind evident că în stările a

şi *1* temperatura este aceeaşi T_1, egală cu temperatura atmosferică şi de asemenea stările *b* şi *2* au aceeaşi temperatură T_2. În starea *2* aerul de umplere pătrunde în cilindru, unde se

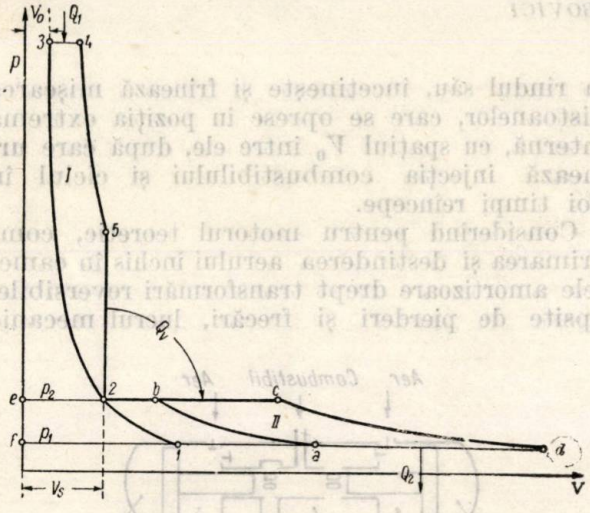


Fig. 2.

continuă comprimarea adiabatică *23*. Dreapta orizontală *34* reprezintă arderea izobară, în cursul căreia se absoarbe căldura :

$$Q_1 = \psi B_0 H_i = I_4 - I_3, \qquad (1)$$

unde B_0 [kg] este cantitatea de combustibil injectată în cursul fiecărui ciclu, H_i [kcal/kg] puterea sa calorifică, iar ψ un coeficient subunitar care ţine seama de disociaţie şi de pierderi. Urmează destinderea adiabatică *45* a gazelor de ardere, după care izocora *52* reprezintă în mod convenţional evacuarea acestora din cilindru în rezervorul tampon la presiunea p_2, însoţită de cedarea de căldură :

$$Q_v = U_5 - U_2. \qquad (2)$$

În rezervorul – tampon gazele de ardere se amestecă în condiţii izobare cu aerul de baleiaj, astfel că pentru starea *c* a amestecului este valabilă relaţia :

$$I_c = I_2 + Q_v + (n-1) I_2,$$

care cu $I_b = nI_2$ devine :

$$Q_v = I_c - I_b. \qquad (3)$$

În realitate fenomenele reversibile descrise mai sus se petrec în mod ireversibil şi nici în ordinea arătată, însă rezultatul fizic este acelaşi. Întrucît $I_c > I_b > I_2$, urmează că punctul *c* se va situa pe izobara p_2 la dreapta punctului *b*.

În starea finală *c* gazele sînt disponibile pentru utilizare, putînd produce lucru util prin destinderea adiabatică *cd* la presiunea atmosferică $p_d = p_1$, într-o turbină de gaze. În consecinţă, produsul net din punct de vedere energetic, al motorului cu pistoane libere, va fi măsurat prin aria *cdfec*, care reprezintă lucrul util L' de care sînt capabile gazele evacuate, astfel că :

$$AL' \text{ [kcal]} = I_c - I_d. \qquad (4)$$

Întrucît însă motorul cu pistoane libere, ca atare, nu produce lucru util, urmează că lucrul mecanic produs în ciclul *23452* este consumat integral de către pompele de baleiaj, al căror lucru de comprimare este măsurat prin aria *abefa*, respectiv prin de *n* ori aria 12 ef 1, în ipoteza că pompele de baleiaj lucrează fără spaţiu mort. Lucrul util L' de care sînt capabile gazele, va fi deci măsurat prin suma ariilor ciclurilor *I* (*23452*) şi *II* (*abcda*), reprezentînd respectiv, L_I şi L_{II}. În asemenea condiţii, calitatea economică a motorului cu pistoane libere va putea fi exprimată, independent de aceea a turbinei de gaze, prin raportul dintre AL' şi căldura absorbită Q_1 :

$$\eta_t = \frac{AL'}{Q_1} = \frac{A(L_I + L_{II})}{Q_1}, \qquad (5)$$

adică prin randamentul termic al ansamblului celor două cicluri *I* şi *II* cuplate în cascadă, în sensul că întreaga căldură cedată de ciclul *I* pe izocora *52* este absorbită de ciclul *II* pe izobara *bc*.

Din căldura Q_1 introdusă în ciclul *I* se produce lucrul mecanic $AL_I = \eta_t' Q_1$ şi se cedează căldura $Q_v = (1 - \eta_t') Q_1$. Randamentul termic al acestui ciclu fiind :

$$\eta_t' = 1 - \frac{1}{\varepsilon_1^{\varkappa-1}} \cdot \frac{\rho^{\varkappa} - 1}{\varkappa(\rho - 1)}, \qquad (6)$$

rezultă :

$$Q_v = Q_1 \frac{1}{\varepsilon_1^{\varkappa-1}} \cdot \frac{\rho^{\varkappa} - 1}{\varkappa(\rho - 1)},$$

unde $\varepsilon_1 = V_2/V_3 = V_s/V_0$ este raportul de comprimare, iar $\rho = V_4/V_3 = V_4/V_0$ raportul de injecţie al ciclului *I*. În ciclul *II* căldura Q_v produce lucrul mecanic $AL_{II} = \eta_t'' Q_v$, cedîndu-se către exterior pe izobara da căldura $Q_2 = (1 - \eta_t'') Q_v$. Cu expresia :

$$\eta_t'' = 1 - \frac{1}{\varepsilon_2^{\varkappa-1}} \qquad (7)$$

pentru randamentul termic al ciclului *II*, rezultă :

$$Q_2 = Q_v \cdot \frac{1}{\varepsilon_2^{\varkappa-1}} = Q_1 \frac{1}{(\varepsilon_1 \varepsilon_2)^{\varkappa-1}} \cdot \frac{\rho^{\varkappa} - 1}{\varkappa(\rho - 1)},$$

unde $\varepsilon_2 = V_a/V_b = V_1/V_2 = V_1/V_s$ reprezintă raportul de comprimare al ciclului *II*.

Din cele de mai sus se deduce randamentul global al ciclurilor *I* și *II* cuplate în cascadă :

$$\eta_t = 1 - \frac{Q_2}{Q_1} = 1 - \frac{1}{(\varepsilon_1 \varepsilon_2)^{\varkappa-1}} \cdot \frac{\rho^{\varkappa} - 1}{\varkappa(\rho - 1)} \,. \qquad (8)$$

Se verifică ușor că expresiile (6), (7) și (8) satisfac relația generală :

$$\eta_t = \eta_t' + \eta_t'' - \eta_t' \cdot \eta_t''$$

caracteristică pentru cicluri cuplate în cascadă.

Notînd în expresia (8) a randamentului termic :

$$\varepsilon_1 \varepsilon_2 = \frac{V_s}{V_0} \frac{V_1}{V_s} = \frac{V_1}{V_0} = \varepsilon, \qquad (9)$$

cele de mai sus arată că totul se petrece ca și cum în locul motorului cu pistoane libere ar funcționa un motor cu aprindere prin compresie și ardere izobară (Diesel) cu raportul de comprimare $\varepsilon = \varepsilon_1 \varepsilon_2$. Spre deosebire însă de acesta, la care $\varepsilon = \text{const.}$, fiind determinat de construcția sa, în cazul motorului cu pistoane libere singur volumul de cursă V_s este fixat prin construcția cilindrului, pe cînd volumul V_0 al camerei de ardere este variabil, în funcție de cantitatea de aer cuprinsă în camerele de amortizare, iar volumul V_1 depinde de presiunea intermediară p_2, astfel că ε este variabil. Față de lipsa de piese mecanice articulate și în mișcare relativă și întrucît camera de ardere este dintr-o bucată fără chiulasă și garnituri, se poate merge la motoarele cu pistoane libere la valori mult mai mari pentru raportul de comprimare ε decît la motoarele obișnuite, la limita temperaturii maxime a ciclului, $T_4 \leqslant 2700^{\circ} K$, compatibilă cu condițiile de ungere. În aceasta și în consecințele favorabile care decurg de aici, rezidă avantajul principal al motoarelor cu pistoane libere.

Între parametrii diferitelor stări ale ciclului în diagrama $p-V$ se deduc ușor următoarele relații :

$$\left.\begin{aligned} &V_1 = V_s \varepsilon_2 \,;\; V_3 = V_0 = V_s/\varepsilon_1 \,;\; V_4 = V_0 \rho = \\ &\quad = V_s \rho/\varepsilon_1 \,; \\ &V_5 = V_2 = V_s \,;\; V_b = n V_s \,;\; V_a = n \varepsilon_2 V_s \,; \\ &V_c = V_s (n\varkappa - 1 + \rho^{\varkappa})/n\varkappa \\ &V_d = V_s \varepsilon_2 (n\varkappa - 1 + \rho^{\varkappa})/n\varkappa \end{aligned}\right\} \qquad (10)$$

$$\left.\begin{aligned} &T_2 = T_1 \varepsilon_2^{\varkappa-1} \,;\; T_3 = T_1 \varepsilon^{\varkappa-1} \,;\; T_4 = T_1 \rho \varepsilon^{\varkappa-1} \,; \\ &\qquad T_5 = T_1 \rho^{\varkappa} \varepsilon_2^{\varkappa-1} \\ &T_a = T_1 \,;\; T_c = T_1 \varepsilon_2^{\varkappa-1} (n\varkappa - 1 + \rho^{\varkappa})/n\varkappa \,; \\ &\qquad T_d = T_1 (n\varkappa - 1 + \rho^{\varkappa})/n\varkappa . \end{aligned}\right\} \qquad (11)$$

Din punct de vedere al reprezentării în diagrama $p-V$ a ciclului teoretic, singură abscisa punctului *2* este determinată de construcția cilindrului $V_2 = V_s$. Ordonata punctului *2*, presiunea intermediară p_2, rezultă din aceea că aria *23452* reprezintă de n ori aria *12 ef1*, adică :

$$AL_1 = Q_1 \eta_t' = (I_4 - I_3)\, \eta_t' = n\,(I_2 - I_1),$$

de unde cu (10) și (11) se deduce relația :

$$\varepsilon^{\varkappa-1}(\rho - 1)\left[1 - \frac{1}{\varepsilon_1^{\varkappa-1}} \cdot \frac{\rho^{\varkappa} - 1}{\varkappa(\rho - 1)}\right] = n\left(\varepsilon_2^{\varkappa-1} - 1\right),$$

care cu $\varepsilon = \varepsilon_1 \cdot \varepsilon_2$ va da :

$$\varepsilon_2^{\varkappa-1} = \frac{\varepsilon^{\varkappa-1}(\rho - 1) + n}{n + (\rho^{\varkappa} - 1)/\varkappa(\rho - 1)}, \qquad (12)$$

permițînd să se determine $\varepsilon_2\,(\varepsilon, \rho, n)$ și de aici :

$$p_2 = p_1 \varepsilon_2^{\varkappa-1}, \qquad (13)$$

astfel că și $p_2\,(\varepsilon, \rho, n)$.

De asemenea, se obține pentru lucrul util :

$$L'\,[\text{kgm}] = \frac{\varepsilon_2}{\varkappa - 1}\,[\varkappa \varepsilon^{\varkappa-1}(\rho - 1) + (\rho^{\varkappa} - 1)]\, p_1 V_s \qquad (14)$$

care arată că și $L'\,(\varepsilon, \rho, n)$. Rezultă de aici că pentru o anumită valoare a coeficientului n al pompelor de baleiaj, pentru reglarea motorului în funcție de sarcină se dispune de doi parametri care trebuie să satisfacă relația (14).

Motoarele cu pistoane libere se construiesc în general astfel ca pentru sarcina nominală (1/1) ele să funcționeze cu $\rho_{max} \approx 2{,}5$. Ținînd seama de limitarea temperaturii maxime $T_{max} = T_4$ în cilindru la $T_{max} \leqslant 2700^{\circ}\text{K}$ pentru regim de durată, rezultă $\varepsilon_{max} \approx 40$ din expresia (11) pentru T_4. Pe de altă parte, din limitarea temperaturii gazelor la intrarea în turbină, la $t_c \leqslant 500^{\circ}\text{C}$ se obține $n \approx 5$ din expresia (11) pentru T_c, ceea ce asigură o durabilitate rațională pentru paletele turbinei, fără necesitatea ca ele să fie confecționate din aliaje speciale și scumpe.

Cu $\varepsilon = 40$ și $n = 5$ s-au trasat în figura 3 curbele pentru η_t, L'/L'_{nom} (exprimat în fracțiuni ale sarcinii nominale 1/1), p_2, $T_{max} = T_4$ și t_c pentru $\rho = 1{,}5 - 2{,}5$. De asemenea, s-au trasat aceleași curbe și pentru $\varepsilon = 20$ în comparație cu un motor obișnuit „*împins*", cum și pentru analiza funcționării motorului cu pistoane libere la un raport de comprimare mai redus.

Compararea curbelor pentru randamentul termic arată în primul rînd avantajul evident al funcționării cu raport de comprimare mai mare. Pe de altă parte, din examinarea diagramei pentru L'/L'_{nom} se vede că pentru orice sarcină parțială există posibilitatea de a se regla motorul cu valori variabile pentru ε și ρ, corespunzînd punctelor de pe orizontala *xy*.

Din punct de vedere al randamentului, diagrama respectivă arată însă că reglarea este preferabil să se facă cu un raport de comprimare cît mai mare, pe cît posibil $\varepsilon = \varepsilon_{max}$, însă

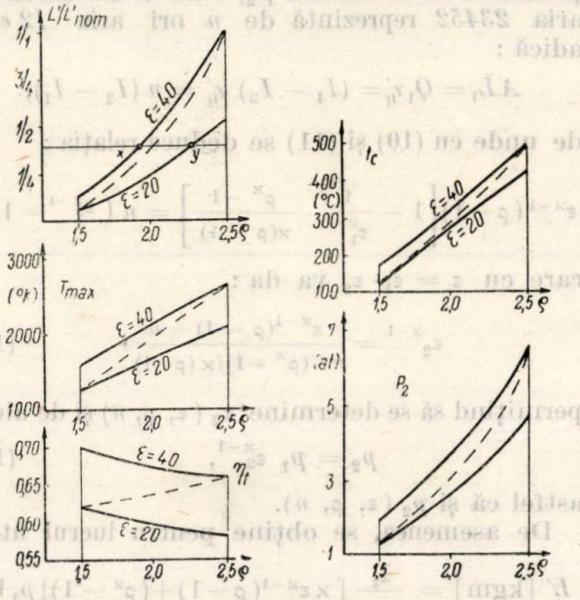


Fig. 3

la sarcină redusă şi la mers în gol (sub 1/10) diagrama arată că este nevoie să se recurgă şi la scăderea lui ε, ceea ce se impune şi practic din cauza dificultăţilor mecanice care rezultă în urma unei durate prea scurte de injecţie. În asemenea condiţii, curbele diagonale trasate întrerupt ar putea reprezenta curbele teoretice de reglare a motorului la sarcină variabilă.

Pe baza acestei curbe de reglare se vede că la sarcină variabilă randamentul termic se menţine în limitele $\eta_t = 0{,}62 - 0{,}66$, crescînd cu sarcina. Din aceste motive, în instalaţiile cu puteri mari (5—10 MW) se dispune o singură turbină de gaze, alimentată în paralel de mai multe motoare cu pistoane libere, care se scot parţial din funcţiune la sarcină redusă, astfel ca cele rămase în funcţiune să lucreze în condiţii optime.

Pe baza curbei teoretice de reglaj, presiunea gazelor evacuate variază în limitele $p_2 = 1{,}3 - 6{,}6$ at, cu temperaturi $t_c = 130 - 500°C$.

În ce priveşte consumul de combustibil, se poate deduce din (1) şi (11) expresia :

$$B_0\,[\mathrm{kg}] = \frac{A\,p_1 V_s\,\varepsilon_2\,\varkappa\,\varepsilon^{\varkappa-1}(\rho-1)}{\psi(\varkappa-1)H_i}$$

în funcţie de parametrii raportaţi, iar din (1) şi (5) expresia :

$$B_0 = AL'/\psi\,\eta_t H_i$$

în funcţie de L', adică în funcţie de sarcină. Raportînd la consumul $B_{0,nom}$ pentru sarcina nominală (1/1) şi adoptînd curba teoretică de reglaj, se obţine :

$$\frac{B_0}{B_{0,nom}} = \frac{L'}{L'_{nom}} \cdot \frac{\eta_t}{\eta_{t,nom}}.$$

Faţă de variaţia redusă a lui η_t în lungul curbei de reglaj, rezultă cu suficientă aproximaţie :

$$B_0/L' \approx \text{const.},$$

consumul specific menţinîndu-se constant pentru motorul teoretic.

La motorul real, condiţiile diferă faţă de cel teoretic atît în ce priveşte cilindrul, unde se întîmplă fenomenele cunoscute : deformarea curbei de ardere, neadiabaticitatea comprimării şi destinderii, laminarea în cursul evacuării, cît şi în privinţa pompelor de baleiaj, care lucrează cu spaţiu mort, cu un coeficient de umplere subunitar şi cu o diferenţă de presiune între rezervorul intermediar şi cilindru, ca urmare a laminării la admisie. În consecinţă, randamentul intern al motoarelor cu pistoane libere este relativ redus, de ordinul $\eta_{i,mot} \approx 0{,}70$. Ţinînd seama şi de randamentul intern al turbinei $\eta_{i,turb} \approx 0{,}80$ şi de cel al transmisiei mecanice şi al alternatorului $\eta_{m,} \approx 0{,}90$, rezultă pentru ansamblul format din motorul cu pistoane libere, turbina de gaze şi alternator un randament economic global de ordinul $\eta_{ec} \approx 0{,}35$. Instalaţii realizate au confirmat aceste prevederi.

În afară de avantajele din punct de vedere al utilizării căldurii, motoarele cu pistoane libere mai prezintă şi o serie de avantaje practice : construcţie simplă fără piese grele supuse la eforturi, fără articulaţii, şi deci întreţinere uşoară, mers liniştit, întrucît chiar la sarcină nominală cilindrul propriu-zis nu lucrează decît cu $\varepsilon_1 \approx 10$, lipsă de şocuri prin efectul amortizant al aerului comprimat în ambele poziţii extreme ale pistonului, fundaţii reduse şi altele, de unde se vede importanţa economică a motoarelor cu pistoane libere.

Considerații referitoare la legarea la nul în rețelele de joasă tensiune

Ing. *D. SOARE*, ing. *B. STOLERU*

În articolul ce se publică mai jos, autorii fac o serie de propuneri privind instalațiile de distribuție de joasă tensiune. Aceste propuneri sînt în bună parte diferite de practica uzuală a tuală din țara noastră (montarea conductorului neutru sub cei de fază la liniile aeriene de joasă tensiune, legarea la nul a suporților de beton sau oțel, renunțarea la izolatoarele de nul în rețele aeriene). Din acest motiv, redacția consideră că publicarea prezentului articol va putea suscita discuții interesante și invită pe această cale pe cititori, și în special pe inginerii și tehnicienii din I.R.E. și din alte exploatări, să-și exprime punctul de vedere în legătură cu problemele ce fac obiectul articolului de mai jos. **(N.R).**

Volumul lucrărilor de electrificare a țării, destinate creșterii potențialului economic și asigurării unei mai bune satisfaceri a nevoilor culturale ale populației, a condus la dezvoltarea unor vaste rețele de distribuție de energie electrică de joasă tensiune atît în mediul urban cît și în cel rural. Se remarcă grija deosebită acordată dezvoltării lucrărilor de electrificare din mediul sătesc și preocuparea continuă de a reduce valorile de investiție necesare realizării acestor lucrări.

În acest sens ISPE a elaborat o serie completă de proiecte-tip de linii și posturi de transformare, care sînt de un real folos sfaturilor populare regionale și raionale în acțiunea lor de extindere a consumului de energie electrică și în așezămintele cele mai îndepărtate.

Pentru ieftinirea rețelelor electrice de joasă tensiune și pentru o mai bună asigurare a securității populației împotriva tensiunii de contact periculoase, în cele ce urmează se examinează unele aspecte ale legării la nul în instalațiile respective.

I. Condiții generale de legare la nul

Măsurile de protecție cele mai răspîndite împotriva tensiunilor de contact și care dau o protecție sigură, în aproape toate cazurile ce se prezintă în exploatarea instalațiilor de joasă tensiune cu neutrul legat la pămînt, le formează legarea la pămînt sau la nul a tuturor obiectelor bune conducătoare de electricitate ce se găsesc în vecinătatea părților de instalație aflate sub tensiune; aceste obiecte nu se află sub tensiune în funcționarea normală a instalațiilor, dar pot căpăta o tensiune periculoasă ca urmare a unui contact accidental cu părțile aflate sub tensiune în urma unui defect de izolație.

Legarea la nul prezintă, față de simpla legare la pămînt, avantajul că asigură deconectarea automată a porțiunii de circuit defecte, fiind totodată și mult mai ieftină. De aceea prescripțiile noastre prevăd legarea la nul ca măsură de protecție în instalațiile de joasă tensiune cu neutrul legat la pămînt.

Pentru ca această măsură de protecție să fie eficace și lipsită de pericole trebuie însă ca instalația la care ea se aplică să fie construită astfel ca să îndeplinească următoarele condiții:

a) un scurtcircuit monofazat (o punere accidentală la masă) să producă deconectarea rapidă și sigură a porțiunii de circuit defecte;

b) în funcționarea normală, potențialul neutrului să nu depășească limita tensiunii periculoase;

c) o întrerupere a căii de curent prin circuitul conductorului neutru să fie pe cît posibil exclusă.

Se examinează acum modul în care sînt îndeplinite aceste condiții în rețelele noastre.

a) **Normativul privind instalațiile electrice (de utilizare)** pînă la 1000V la construcțiile civile și industriale [4] prevede la art. 158 respectarea primei condiții (*a*) în instalațiile electrice la consumator. Se precizează la art. 162 că valoarea curentului de deconectare rapidă este de 2,5. I_n dacă circuitul respectiv este protejat prin siguranțe fuzibile și de 1,2. I_n dacă circuitul este protejat prin întreruptor automat, I_n fiind curentul nominal al siguranțelor, respectiv curentul de reglaj al automatului.

Această condiție, impusă instalațiilor la consumator, nu este în general respectată în rețelele de distribuție de joasă tensiune protejate prin siguranțe fuzibile; dimensionarea siguranțelor de protecție nu se face pe baza criteriului de deconectare sigură în caz de scurtcircuit monofazat. În general, siguranțele fuzibile se dimensionează pe baza curentului maxim admisibil în conductoarele de fază respective. În această situație, îndeplinirea primei condiții necesare pentru aplicarea legării la nul nu este asigurată în rețelele noastre de joasă tensiune, ceea ce restrînge sensibil domeniul de aplicare a acestei măsuri de protecție, care nu poate fi aplicată în următoarele cazuri:

— la abonații alimentați din rețeaua publică direct la tensiunea de utilizare;

— la stîlpii liniilor aeriene de distribuție.

Socotim că această restrîngere are efecte economice dăunătoare, dat fiind că se renunță

la avantajele economice ale legării la nul ca mijloc de protecție, față de legarea la pământ.

b) **Limitarea potențialului conductorului neutru** se asigură în primul rînd prin legarea sa la pământ la postul de transformare. Prescripția 16—54 pentru construcția punerilor la pământ în instalațiile sub și peste 1000 V prevede la

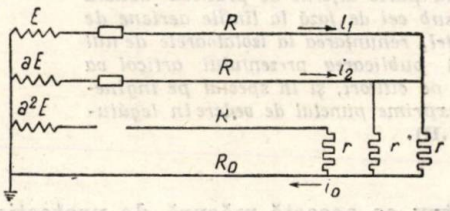


Fig. 1.

art. 40 ca această legare la pământ să se realizeze printr-o priză de pământ avînd o rezistență de trecere de cel mult 4 Ω*(în unele cazuri se admite 10 Ω).

Deosebit de legarea la pământ a conductorului neutru, limitarea potențialului acestui conductor mai impune o dimensionare a sa destul de largă, pentru ca căderea de tensiune produsă de un curent de circulație datorit sarcinilor disimetrice să nu depășească limita considerată periculoasă.

Normativul menționat [4] prevede în tabela 23, pentru conductorul neutru în liniile trifazate, o secțiune cel puțin egală cu jumătate din secțiunea conductorului de fază **, iar în cazul liniilor monofazate, aceeași secțiune cu a conductoarelor de fază. În condiții de funcționare normală, condiția (*b*) poate fi considerată ca satisfăcută în această situație, după cum rezultă din considerațiile ce urmează.

La o linie monofazată, socotind o cădere de tensiune totală admisă de 10%, căderea de tensiune în conductorul neutru — deci potențialul neutrului — este de 5 % din tensiunea nominală a rețelei, adică de 11 V, valoare cu totul nepericuloasă.

La o linie trifazată, căderea de tensiune în conductorul neutru, datorită curentului de circulație prin acesta, poate fi de asemenea socotită egală cu căderea de tensiune în conductoarele de fază, considerînd că curentul de circulație prin neutru nu depășește jumătate din curentul pe fază și deci potențialul neutrului nu poate căpăta valori periculoase în funcționare normală.

Situația este ceva mai grea, totuși nepericuloasă, în cazul arderii uneia din siguranțele de protecție, linia trifazată funcționînd în două faze, dacă ea alimentează consumatori de luminat (fig. 1). Fie o linie trifazată cu rezistențele fazelor R și cu rezistența neutrului R_0, avînd la extremitate trei sarcini echilibrate reprezentate prin rezistențele r, care produc în linie o cădere de tensiune $\Delta E_n = E\frac{R}{R+r}$. Curentul prin conductorul neutru după arderea siguranței este :

$$i_0 = \frac{E(1+a)}{R+r+2R_0} = \frac{-Ea^2}{R+r+2R_0}$$

unde $a = \frac{-1}{2} + j\frac{\sqrt{3}}{2}$ este operatorul de rotire a vectorilor cu $\frac{2\pi}{3}$. Valoarea absolută a căderii de tensiune este :

$$|R_0 i_0| = E\frac{R_0}{R+r+2R_0} = \Delta E_n \cdot \frac{R_0}{R}.$$

$$\frac{R+r}{R+r+2R_0} < \Delta E_n \frac{R_0}{R}$$

Cum $R_0 \leqslant 2\ R$, rezultă că :

$$R_0 i_0 < 2\,\Delta E_n ;$$

dacă $\Delta E_n = 0{,}1\ E$, căderea de tensiune $|R_0 i_0|$ în neutru nu depășește 20%, adică 44 V în rețelele de 380/220 V. Dacă secțiunea conductorului neutru este egală cu secțiunea conductorului de fază, $R_0 = R$ și căderea de tensiune în neutru nu depășește 22 V.

În afară de cazurile de funcționare normală, mai trebuie avut în vedere cazul punerii accidentale la pământ a unui conductor de fază, fără punere simultană la masă, adică fără producerea unui contact galvanic cu conductorul neutru, în care caz nu se produce deconectarea prin protecție a circuitului.

Asemenea defecte se pot produce prin căderea la pământ a unui conductor de fază în liniile aeriene în care neutrul este montat sus, deasupra conductorilor de fază. Schema electrică este arătată în fig. 2. Neutrul capătă, în acest caz,

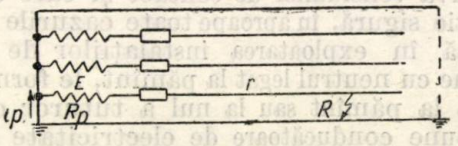


Fig. 2.

pe toată lungimea lui, potențialul corespunzător curentului de circulație prin priza de pământ de serviciu din post :

$$R_p i_p = E\frac{R_p}{R_p + r + R}$$

unde R este rezistența punerii la pământ accidentale. După Schrank [13], este greu de presupus o rezistență R mai mică de 5 Ω. În rețelele de 380/220 V, admițînd o limită a tensiunii periculoase în neutru de 65 V, rezultă rezis-

* Prescripțiile germane VDE — mai severe — prevăd o limită mai scăzută, de 2Ω.

** Prescripțiile germane VDE prevăd, pînă la 50 mm², secțiuni egale cu secțiunea conductorului de fază.

tența maximă admisibilă a prizei de serviciu din stație :

$$R_p \leqslant \frac{65}{220-65}(R+r) \approx \frac{65}{115} R = 0{,}42 \cdot 5 = 2{,}1\,\Omega$$

Pe această bază, normele germane impun pentru prizele de pămînt din stații și posturi o rezistență de trecere de cel mult 2 Ω. Trebuie însă ținut seama că, în afară de priza din stație, mai există legări la pămînt repetate în rețea care, în schemă, sînt dispuse în paralel cu aceasta (rezist. R_p din fig. 2) ; rezistența de trecere echivalentă a tuturor acestor prize este în general inferioară valorii de 2 Ω și condiția de limitare a potențialului conductorului neutru poate fi considerată satisfăcută și în acest caz.

c) **Întreruperea căii de curent prin conductorul neutru** este un accident foarte grav în rețelele în care se folosește legarea la nul ca mijloc de protecție. Dincolo de punctul de întrerupere, rețeaua se comportă ca o rețea cu neutrul izolat, iar conductorul neutru poate căpăta o tensiune inadmisibilă pentru securitatea personalului care vine în contact cu obiectele legate la nul. De aceea, toate normele și prescripțiile prevăd luarea de măsuri pentru evitarea acestui accident ; interzicerea introducerii de aparate de deconectare, siguranțe etc. în lungul conductorului neutru, în circuitele în care se utilizează legarea la nul, obligația unei supravegheri atente și bune întreținere a acestor căi de curent etc.

Un mijloc eficace pentru limitarea tensiunii neutrului în caz de ruptură a conductorului neutru în rețele de distribuție îl constituie repetarea legării la pămînt. Prescripția 16—54, menționată, prevede la art. 38 repetarea legării la pămînt a neutrului la extremitățile liniilor aeriene, la ramificații cum și după fiecare 1...2 km de porțiuni fără ramificații. De asemenea, se prevede repetarea legării la pămînt și în rețelele de cabluri cu neutrul montat separat. Ca limită a rezistenței de trecere a legării la pămînt repetate, prescripția 16—54 prevede valoarea de 10 Ω * (30 Ω în unele cazuri).

Legarea la pămînt repetată, ca mijloc de limitare a potențialului conductorului neutru în caz de ruptură a acestuia, este pe deplin eficace dacă celelalte condiții de funcționare sînt normale **. Ea nu poate însă asigura un potențial nepericulos al conductorului neutru în cazul unei suprapuneri de defecte, adică dacă simultan cu ruptura neutrului se produce și un scurtcircuit monofazat între un conductor de fază și conductorul neutru. În mod normal, o asemenea suprapunere de defecte nu poate fi luată în considerare ; într-o exploatare normală, ruptura trebuie să fie înlăturată înainte de a se fi produs un al doilea defect.

În practica proiectării liniilor aeriene, există însă o uzanță pe care o socotim dăunătoare securității din punctul de vedere examinat, și anume aceea de a monta conductorul neutru în partea de sus a stîlpilor, deasupra conductoarelor de fază. În acest mod se realizează aproape obligatoriu acea suprapunere de defecte menționată și care provoacă implicit un potențial periculos în conductorul neutru. Într-adevăr, la o rupere a neutrului, acesta cade peste conductoarele de fază și se produce deci simultan o legătură galvanică cu cel puțin unul din conductoarele de fază ; neutrul capătă în acest fel un potențial periculos, ce nu poate fi îndeajuns limitat prin legarea sa la pămînt repetată.

De aceea socotim că, pentru a se utiliza legarea la nul în deplină securitate în rețelele de linii aeriene, este necesar să se monteze conductorul neutru sub conductoarele de fază.

*

Ca o concluzie a celor expuse, se constată că, pentru utilizarea în deplină securitate a legării la nul în rețelele noastre de joasă tensiune, este necesar să se ia următoarele măsuri :

— să se dimensioneze siguranțele fuzibile și să se stabilească curentul de reglaj al întreruptoarelor automate de protecție a liniilor, în așa fel încît să se asigure deconectarea rapidă a porțiunilor de rețele în care s-a produs un scurtcircuit monofazat ; chestiunea aceasta va fi reluată mai departe :

— în liniile aeriene, conductorul neutru să fie montat jos, sub conductoarele de fază.

Procedînd în acest fel, se va putea extinde legarea la nul atît la consumatorii alimentați din rețeaua publică la tensiunea de utilizare, cît și la stîlpii liniilor aeriene de joasă tensiune.

II. Legarea la nul a stîlpilor metalici și de beton armat ai liniilor aeriene de 380/220 V

Obișnuit, stîlpii metalici și de beton armat ai liniilor aeriene cu tensiunea de serviciu sub 1 000 V nu se leagă la pămînt. Aceasta ar putea da naștere la accidente în regiunile aglomerate, dacă tensiunea de contact depășește valoarea de 65 V — considerată ca limită a tensiunii periculoase — în cazul unui contact accidental al unui conductor de fază cu stîlpul.

Exemplul ce urmează arată că nu se poate pune întotdeauna bază pe contactul dintre stîlp și sol pentru a considera prin aceasta stîlpul legat la pămînt. Se consideră un stîlp metalic cu diametrul de 30 cm îngropat la adîncimea de 1,5 m într-un sol cu rezistivitatea = $= 10^2$ Ω m și atins de un om situat la distanța

* Prescripțiile germane VDE prevăd 5Ω.

** Eficacitatea depinde și de rezistențele de trecere ale prizelor repetate și de numărul acestora.

de 1 m de stîlp. Cu formula obișnuită * se deduce rezistența de trecere a prizei de pămînt formată de contactul stîlpului cu pămîntul : $R_A = 40\ \Omega$. Dacă se produce un contact între un conductor de fază la tensiunea U și stîlp, tensiunea stîlpului este :

$$U_A = \frac{R_A}{R_0 + R_A} \cdot U$$

în care $R_0 = 4\,\Omega$ este rezistența de trecere a prizei de pămînt de serviciu din postul de transformare respectiv. Rezultă :

$$U_A = 0{,}91\ U.$$

Potențialul U'_A al locului pe care se află omul se deduce din formula cunoscută [8] :

$$U'_A = U_A \frac{\log \frac{l + \sqrt{l^2 + r^2}}{r}}{\log\left(\frac{2l}{r_0}\right)}$$

în care :

l — lungimea electrodului ;
r — distanța pînă la axul electrodului ;
r_0 — raza electrodului.

Cu datele indicate : $l = 1{,}5$ m ; $r = 1$ m ; $r_0 = 0{,}15$ m, rezultă :

$$U'_A = 0{,}398\ U.$$

Omul este supus unei tensiuni :

$$U_A - U'_A = (1 - 0{,}398) \cdot 0{,}91 \cdot U = 0{,}548\ U.$$

Pentru $U = 220$ V, $U_A - U'_A = 121$ V, valoare periculoasă ; dacă distanța la care se află omul în momentul cînd a atins stîlpul se micșorează la 0,5 m, tensiunea de contact se reduce la 81 V, valoare încă periculoasă. Acest exemplu demonstrează posibilitatea ivirii unor accidente și necesitatea unor măsuri de protecție corespunzătoare.

În liniile cu neutrul izolat, singura măsură posibilă pare a fi controlul permanent al izolației cu deconectarea liniei defecte în caz de contact al unui conductor de fază cu stîlpul. Rețelele aeriene de joasă tensiune cu neutrul izolat sînt însă puțin răspîndite în țara noastră, aproape totalitatea rețelelor aeriene de joasă tensiune fiind cu neutrul legat la pămînt. Pentru a se asigura condițiile unei depline securități la liniile aeriene pe stîlpi metalici sau de beton armat, cu neutrul legat la pămînt, se poate adopta una din următoarele măsuri :

— legarea la pămînt a tuturor stîlpilor prin prize cu rezistențe de trecere suficient de mici ;

— legarea la nul a stîlpilor.

Prima măsură este costisitoare și duce la o scumpire a liniilor. De aceea, propunerea noastră este de a se adopta legarea la nul, care are și avantajul economic al unei micșorări a investițiilor, prin renunțarea la izolatoarele pe care se montează conductorul neutru.

Legarea la nul a stîlpilor necesită însă îndeplinirea condiției de deconectare rapidă în caz de scurtcircuit monofazat. S-a arătat la început că această condiție nu poate fi îndeplinită la liniile avînd o oarecare lungime dacă ele sînt protejate prin siguranțe dimensionate la curentul nominal corespunzător secțiunii conductoarelor de fază. Această condiție poate fi însă îndeplinită în cele mai multe cazuri dacă siguranțele sînt dimensionate pentru curentul corespunzător căderii de tensiune admisibile în funcționarea normală a liniei. De asemenea ea este îndeplinită dacă linia este protejată prin întreruptor automat reglat să deconecteze la curentul corespunzător căderii de tensiune admisibilă în funcționarea normală a liniei. Aceasta rezultă din considerațiile ce urmează.

Între curentul nominal al siguranțelor sau curentul de reglaj al întreruptorului automat (I_n) stabilit pe baza căderii de tensiune $\left(\frac{\Delta E}{E}\right)$ admisibile în regim normal, curentul de scurtcircuit monofazat la extremitatea liniei (I_{sc}) și căderea de tensiune $\frac{\Delta E}{E}$ corespunzătoare curentului I_n se poate stabili o relație independentă de lungimea liniei. Într-adevăr, la o linie trifazată, căderea de tensiune este :

$$\Delta E = (R \cos\varphi + X \sin\varphi)\ l \cdot I_n$$

dacă sarcina este concentrată la extremitatea liniei și

$$\Delta E = \frac{1}{2}(R \cos\varphi + X \sin\varphi)\, l \cdot I_n$$

dacă sarcina este uniform repartizată în lungul liniei. S-a notat cu :

R — rezistența conductorului de fază pe unitatea de lungime ;
X — reactanța conductorului de fază pe unitatea de lungime ;
l — lungimea liniei ;
ΔE — căderea de tensiune.

Curentul de scurtcircuit monofazat la extremitatea liniei este dat de relația :

$$|I_{sc}| = \frac{E}{|Z|}$$

unde :

E este tensiunea stelată a rețelei ;

$|Z| = \sqrt{(R + R_0)^2 \pm X_0^2}$ — impedanța pe unitatea de lungime (în valoare absolută) a circuitului format din conductorul de fază și neutru ;

---

* $R_A = \frac{0{,}37\rho}{1} \cdot \log \frac{4l}{d}$, în care ρ = rezistivitatea solului ; l = lungimea electrodului ; d = diametrul electrodului.

X_0 – reactanța pe unitatea de lungime a aceluiași circuit;

R_0 – rezistența conductorului neutru pe unitatea de lungime.

Din aceste relații, se obține:

$$\frac{I_n}{I_{sc}} = \frac{\Delta E}{E} \cdot \frac{\sqrt{(R + R_0)^2 \pm X_0^2}}{R \cos \varphi + X \sin \varphi}$$ (sarcină concentrată la extremitate)

$$\frac{I_n}{I_{sc}} = \frac{2 \cdot \Delta E}{E} \cdot \frac{\sqrt{(R + R_0)^2 + X_0^2}}{R \cos \varphi + X \sin \varphi}$$ (sarcină uniform repartizată)

La linii protejate prin siguranțe, trebuie ca $\frac{I_n}{I_{sc}} \leqslant \frac{1}{2{,}5} = 0{,}4$, iar la linii protejate prin întreruptor automat,

$$\frac{I_n}{I_{sc}} \leqslant \frac{1}{1{,}2} = 0{,}83.$$

Exemplu. Se consideră o linie de 380/220 V $3 \times 50 + 35$ mm² Al, cu următoarele caracteristici:

$R = 0{,}63$ Ω/km; $R_0 = 0{,}9$ Ω/km; $X = 0{,}4$ Ω/km, $X_0 = 0{,}8$ Ω/km.

a) La o sarcină concentrată la extremitate, având $\cos \varphi = 0{,}8$:

$$\frac{I_n}{I_{sc}} = \frac{\Delta E}{E} \cdot \frac{\sqrt{(0{,}63 + 0{,}9)^2 + 0{,}8^2}}{0{,}63 \cdot 0{,}8 + 0{,}4 \cdot 0{,}6} = \frac{\Delta E}{E} \cdot \frac{1{,}7}{0{,}744} =$$

$$= 2{,}29 \frac{\Delta E}{E}$$

La linii protejate prin siguranțe, căderea de tensiune pentru care se dimensionează siguranțele rezultă din:

$$\frac{I_n}{I_{sc}} = 2{,}29 \frac{\Delta E}{E} \leqslant 0{,}4; \quad \frac{\Delta E}{E} \leqslant \frac{0{,}4}{2{,}29} = 0{,}175,$$

adică siguranțele trebuie dimensionate pentru un curent corespunzător unei căderi de tensiune de cel mult 17,5%.

La linii protejate prin întreruptor automat,

$$\frac{\Delta E}{E} \leqslant \frac{0{,}83}{2{,}29} = 0{,}364$$

adică curentul de reglaj al automatului trebuie să corespundă unei căderi de tensiune de cel mult 36,4%.

b) La o sarcină concentrată la extremitate, având $\cos \varphi = 1$

$$\frac{I_n}{I_{sc}} = \frac{\Delta E}{E} \cdot \frac{1{,}7}{0{,}63} = 2{,}7 \cdot \frac{\Delta E}{E}$$

la linii protejate prin siguranțe:

$$\frac{\Delta E}{E} \leqslant \frac{0{,}4}{2{,}7} = 0{,}148 \ (14{,}8)$$

la linii protejate prin automat:

$$\frac{\Delta E}{E} \leqslant \frac{0{,}83}{0{,}27} = 0{,}308 \ (30{,}8\%).$$

În cazul sarcinilor uniform repartizate, căderile de tensiune indicate se reduc la jumătate.

Din acest exemplu rezultă că dimensionarea siguranțelor și reglarea curentului de acționare a întreruptorului automat pe această bază duc la rezultate care permit utilizarea liniei la puterea maximă pe care o poate transmite în condiții mulțumitoare, în cazul sarcinilor concentrate la extremitatea sa. La liniile ce transmit sarcini uniform repartizate, această concluzie nu se menține dacă ele sînt protejate prin siguranțe. Căderile de tensiune maxime corespunzătoare (8,75%), respectiv (7,4%), arată că în aceste condiții linia nu este utilizată complet. În asemenea cazuri, se pot lua următoarele măsuri:

– completarea protecției prin instalarea în lungul liniei a unor siguranțe cu I_n mai redus, care să asigure deconectarea în caz de scurtcircuit monofazat în porțiunea terminală a liniei; aceste siguranțe nu reduc din capacitatea liniei, fiind montate în zone în care sarcina este redusă;

– protejarea liniei prin întreruptor automat.

În funcție de situația locală se va putea adopta oricare din aceste două măsuri.

*

Ca urmare a celor expuse, se propune legarea la nul a stîlpilor metalici și de beton armat ai liniilor aeriene de joasă tensiune 380/220 V, cu luarea măsurilor cerute de această metodă de protecție.

Prin legarea la nul a stîlpilor, se realizează, în afară de mărirea securității, și o micșorare a costului liniilor respective, desființîndu-se izolatoarele conductorului neutru.

În ceea ce privește măsurile ce trebuie luate pentru aplicarea legării la nul, ele se rezumă la înlăturarea a două uzanțe actuale, și anume:

– dimensionarea necorespunzătoare a siguranțelor fuzibile și reglarea necorespunzătoare a curentului de acționare a întreruptoarelor automate de protecție;

– montarea conductorului neutru în partea de sus a stîlpului, deasupra conductoarelor de fază.

Ambele uzanțe sînt ușor de înlăturat, fără cheltuieli suplimentare. Cu privire la dimensionarea siguranțelor și reglarea curentului de acționare a întreruptoarelor automate de protecție, acestea trebuie făcute pe baza căderii de tensiune admisibile în funcționare normală (de exemplu 15%), cu verificarea condiției de deconectare rapidă în caz de scurtcircuit monofazat.

Bibliografie

Prescripții și norme

[1] *Norme de tehnica securității în instalațiile electrice* MEEIE — Editura Energetică de Stat — 1955.

[2] *Prescripții de exploatare tehnică a centralelor și stațiilor electrice* — MEEIE

[3] *Prescripții pentru construcția instalațiilor electrice* — Prescripția nr. 16—54 — *Prescripții pentru construcția punerilor la pămînt* (în instalațiile sub și peste 1000 V) — MEEIE — Editura Energetică de Stat — 1954.

[4] *Normativ privind instalațiile electrice (de utilizare) pînă* la 1000 V *la construcțiile civile și industriale* — CSAC — Editura de Stat pentru Arhitectură și Construcții, 1955.

[5] *Vorschriften des Verbandes deutcher Elektrotechniker* (VDE) — Vol. I — 1954.

Manuale

[6] A. I. Kuznețov: *Tehnica securității în instalațiile electrice* (traducere din limba rusă) — Editura Tehnică 1952.

[7] V. I. Korolkova: *Electrosecuritatea* — 1951 — (traducere din limba rusă) Institutul de documentare tehnică — 70/225.

[8] N.F. Margolin: *Curenții din pămînt* (traducere din limba rusă) — Editura Energetică de Stat — 1953.

Articole din reviste

[9] W. Erbacher: *Cercetări asupra punerii la pămînt a stîlpilor* — ETZ — A — Vol. 74 — 1953.

[10] N. P. Ratner: *Contribuții la metoda de calculare a prizei de pămînt de exploatare în rețelele cu tensiuni pînă la* 1000 V — Prom. Energ. 8 nr. 3 — 1951.

[11] Karasinschi: *Punerea la pămînt de protecție și conectarea la conductorul neutru în instalațiile de joasă tensiune* — Pregl. Elektrotechn. — nr. 28 — 1952.

[12] C. Schmidt: *Puneri la pămînt în instalațiile electrice* V.D.I. Vol. 91 — 1949.

[13] W. Schrank: *Puneri la pămînt în stații de transformare* — ETZ — Vol. 70 — 1949.

Calculul la răsucire al suporților de linii de transport alcătuiți din doi stîlpi asamblați cu bride

Ing. *OSCAR NEDELCU*

Suporții liniilor de transport de energie electrică se calculează la sarcinile produse de vînt, chiciură și tracțiunea din conductoare, în raport cu funcțiunea suportului — de susținere, întindere, colț sau terminal.

Calculul se face în două ipoteze: în regim normal de exploatare și în regim de avarie. În ultima ipoteză se consideră ruperea unuia sau a doua conductoare active, după categoria suportului, care produc cele mai mari solicitări de încovoiere sau de răsucire.

În cazul cînd aceste solicitări sînt mari, suporții de beton armat alcătuiți dintr-un singur element necesită secțiuni mari, care conduc la elemente grele. În asemenea cazuri se adoptă soluția suporților alcătuiți din două elemente asamblate prin grinzi orizontale, denumite bride. Stîlpii suportului se așază puțin înclinați față de verticală (fig. 1, *a*) sau cu înclinări mari, formînd un *A* (fig. 1, *b*).

În cele de mai jos se indică o metodă de calcul la răsucire al acestor suporți.

La ruperea conductoarelor apar, după direcția liniei, forțe orizontale care acționează la extremitățile consolelor.

După cum se vede în fig. 1, deplasînd forțele în planul suportului și introducînd momentele corespunzătoare ($\Sigma F_e \times e = M_{t0}$) apar două solicitări, și anume:

a) o încovoiere generală în planul suportului;

b) o răsucire a ansamblului în jurul axului de simetrie al suportului care produce încovoieri și răsuciri în stîlpi și în bride.

Încovoierea în planul suportului se tratează separat, considerîndu-l ca un cadru etajat supus la forțe orizontale situate în planul său, calculul făcîndu-se după metodele cunoscute. Solicitările produse de răsucire, care fac obiectul articolului de față, se suprapun celor produse de încovoiere.

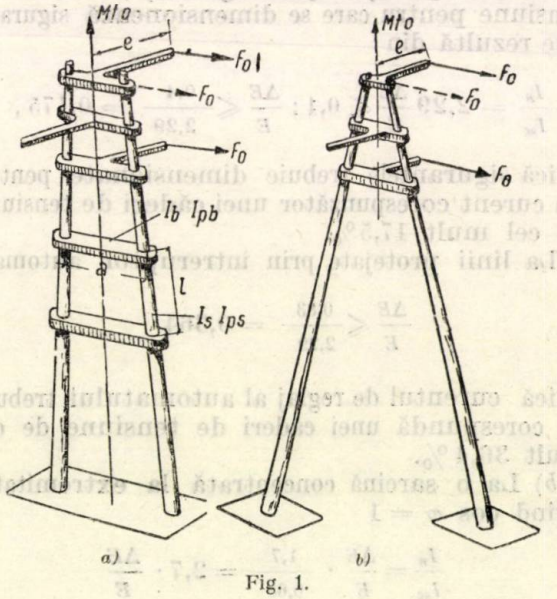


Fig. 1.

Solicitarea de răsucire face ca cele două elemente ale suportului să părăsească planul determinat de axele lor și să fie solicitate de momente de încovoiere și răsucire, variabile în diferitele

tronsoane de stîlp cuprinse între două bride. Bridele de asemenea sînt supuse la încovoiere în planul lor orizontal şi la răsucire.

În cele ce urmează se admit următoarele ipoteze :

1) Suportul alcătuit simetric faţă de axa sa mediană.

2) Stîlpii perfect încastraţi în fundaţii.

3) Nodurile formate de intersecţia bridelor cu stîlpii rămîn indeformabile.

4) Bridele se presupun rigide la încovoiere în planul lor orizontal.

La suporţii de beton armat cu dimensiuni obişnuite rigiditatea bridelor la încovoiere este de peste 50 ori rigiditatea la răsucire a stîlpilor $\left(\frac{G \cdot I_{ps}}{l}\right)$ (fig. 1).

5) Momentele de inerţie ecuatorial şi polar ale stîlpilor, în general, variabile, s-au considerat constante pe lungimea unui tronson de stîlp cuprins între două bride.

În ipotezele de mai sus se obţin sisteme de ecuaţii liniare care dau valorile momentelor de încovoiere şi răsucire în bridele şi stîlpii suportului.

În ipoteza că bridele sînt infinit rigide la răsucire se obţin formule simple care dau direct valorile solicitărilor în elementele celor două tipuri de suport considerate. (Deformaţia la răsucire a suportului fiind simetrică faţă de axa sa mediană, secţiunea din axă a bridei nu se roteşte şi rigiditatea ei la răsucire este $\frac{2G \cdot I_{pb}}{a}$ faţă de $\frac{4E \cdot I_s}{l}$, rigiditatea la încovoiere a stîlpului).

Metoda de calcul ce se întrebuinţează este metoda eforturilor particularizată pentru fiecare caz în parte.

În calculele ce urmează s-au păstrat cele două momente de inerţie ale stîlpilor, deşi în majoritatea cazurilor calculul se aplică la stîlpi cu secţiune inelară, la care raportul celor două momente de inerţie este constant. Formulele s-au dat sub această formă mai generală, deoarece metoda de calcul se poate aplica şi la suporţi metalici cu elemente alcătuite din fiare profilate sau la suporţi cu elemente avînd secţiune dreptunghiulară, cum este cazul suporţilor pentru conducte de termoficare, puternic solicitaţi la răsucire.

Mai jos se examinează cîteva cazuri privind suporţii alcătuiţi din două elemente paralele şi suporţii A.

I. Suport alcătuit din două elemente paralele

În practică, stîlpii suportului se aşază puţin înclinaţi faţă de verticală. Înclinarea care se dă este foarte mică — în general mai mică decît un grad — şi pentru asemenea cazuri vom considera elementele suportului ca paralele.

I—A) Bride elastice la răsucire — Stîlpi cu moment de inerţie variabil.

I—B) Bride rigide la răsucire — Stîlpi idem.

I—C) Bride fără rigiditate la răsucire — Stîlpi idem.

I—D) Bride fără rigiditate la încovoiere şi răsucire — Stîlpi idem.

II. Suport alcătuit din două elemente formînd un *A*

II—A) O singură bridă elastică de răsucire — Stîlpi cu moment de inerţie variabil.

II—B) O singură bridă rigidă la răsucire —

1) stîlpi cu moment de inerţie variabil ;

2) stîlpi cu moment de inerţie constant.

II—C) Două sau mai multe bride elastice la răsucire — Stîlpi cu moment de inerţie variabil.

II—D) Două sau mai multe bride rigide la răsucire.

I. Suport alcătuit din două elemente paralele

După cum s-a arătat pentru înclinările mici ce se dau stîlpilor se neglijează în calcul componenta orizontală a momentului de răsucire din stîlp, precum şi componenta verticală a momentului încovoietor.

În fig. 2 se arată deformaţia suportului în cazul bridelor elastice la încovoiere (*a*) şi în cazul ipotezei admise a bridelor rigide la încovoiere (*b*).

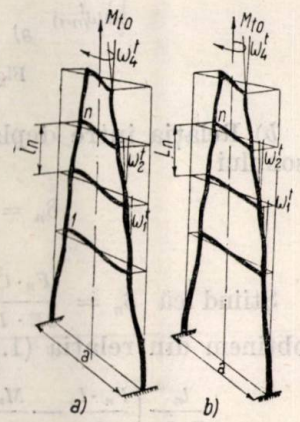


Fig. 2.

I—A) Bride elastice la răsucire. Stîlpi cu moment de inerţie constant

Un tronson de stîlp n cuprins între două bride este solicitat de :

a) momentul de răsucire M_{tn} ;

b) momentele de încovoiere M_n şi M'_n, legate între ele prin relaţia $M_n + M'_n = F_n \cdot l_n$;

c) forţele de deplasare F_n.

Izolînd o bridă, solicitările la care este supusă sînt arătate în fig. 3.

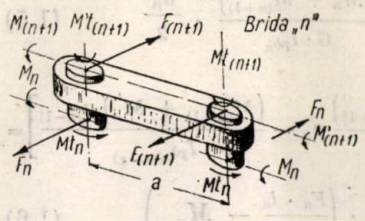


Fig. 3.

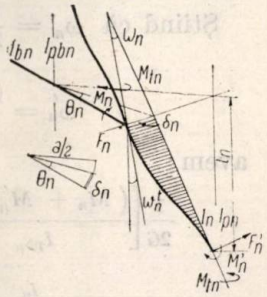


Fig. 4.

ω_n^t este unghiul cu care se roteşte capătul bridei faţă de secţiunea din axa de simetrie a suportului. Alegem ca necunoscute eforturile M_{tn}, M_n, F_n.

Avem :

a) Ecuația de momente, secționînd la nivelul capului tronsonului și scriind echilibrul părții superioare a suportului

$$2\,M_{tn} + F_n \cdot a_n = M_{to} \qquad (1.1)$$

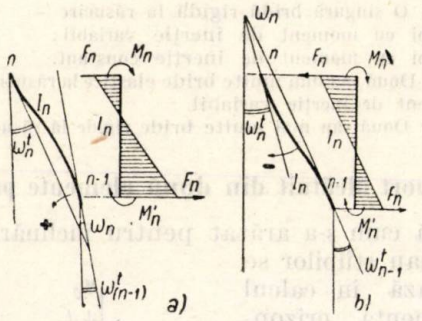


Fig. 5.

b) Relația între deplasarea și răsucirea tronsonului

$$\delta_n = \frac{a_n}{2}\,\theta_n \qquad (1.2)$$

Știind că $\delta_n = \frac{F_n \cdot l_n^3}{3E \cdot I_n} - \frac{M_n \cdot l_n^2}{2E \cdot I_n}$ și $\theta = \frac{M_{tn} \cdot l_n}{G \cdot I_{pn}}$ obținem din relația (1.2)

$$\frac{l_n}{E \cdot I_n}\left(\frac{F_n \cdot l_n}{3} - \frac{M_n}{2}\right) = \frac{a_n}{2} \cdot \frac{M_{tn}}{G \cdot I_{pn}} \cdot \qquad (1.3)$$

c) Relația între unghiurile de răsucire ale bridelor de la extremitățile unui tronson (ω_n^t și $\omega_{(n-1)}^t$).

Bridele fiind la distanțe oarecare și avînd rigidități diferite la răsucire, tronsonul de stîlp cuprins între două bride se poate deforma ca în fig. 5 *a*, sau 5 *b*.

Semnul rotațiilor fiind acela din figura amintită, relația dintre unghiurile de răsucire este :

$$\omega_n^t - \omega_{(n-1)}^t = \omega_n. \qquad (1.4)$$

Știind că $\omega_n = \frac{F_n \cdot l_n^2}{2E \cdot I_n} - \frac{M_n \cdot l_n}{E \cdot I_n}$ și

$$\omega_n^t = \frac{\left(M_n + M'_{(n+1)}\right)}{G \cdot I_{pb_n}} \cdot \frac{a_n}{2} \qquad (1.5)$$

avem :

$$\frac{1}{2G}\left[\frac{\left(M_n + M'_{(n+1)}\right)}{I_{pb_n}} a_n - \frac{\left(M_{(n-1)} + M'_n\right) a_{(n-1)}}{I_{pb_{(n-1)}}}\right] =$$

$$= \frac{l_n}{E \cdot I_n} \cdot \left(\frac{F_n \cdot l_n}{2} - M_n\right) \qquad (1.6)$$

Relația între M_n și M'_n este, după cum s-a spus $M_n + M'_n = F_n \cdot l_n$. Pentru fiecare tronson avem 3 ecuații ca acea scrisă mai sus. Pentru stîlpul cu n tronsoane, avem un sistem de $3n$ ecuații cu $3n$ necunoscute. Sistemul este :

$$2M_{t1} + F_1 \cdot a_1 = M_{t0};$$

$$\frac{l_1}{E \cdot I_1}\left(\frac{F_1 \cdot l_1}{3} - \frac{M_1}{2}\right) = \frac{a_1}{2} \cdot \frac{M_{t1}}{G \cdot I_{p1}};$$

$$\frac{\left(M_1 + M'_2\right) a_1}{2G \cdot I_{pb_1}} = \frac{l_1}{E \cdot I_1}\left(\frac{F_1 \cdot l_1}{2} - M_1\right)$$

$$2\,M_{t(n-1)} + F_{(n-1)} \cdot a_{(n-1)} = M_{to};$$

$$\frac{l_{(n-1)}}{E \cdot I_{(n-1)}}\left(\frac{F_{(n-1)} \cdot l_{(n-1)}}{3} - \frac{M_{(n-1)}}{2}\right) = \frac{a_{(n-1)} \cdot M_{t(n-1)}}{2\,G \cdot I_{p(n-1)}};$$

$$\frac{1}{2G}\left[\frac{\left(M_{(n-1)} + M'_n\right) a_{(n-1)}}{I_{pb_{(n-1)}}} - \frac{\left(M_{(n-2)} + M_{(n-1)}\right) a_{(n-2)}}{I_{pb_{(n-2)}}}\right] =$$

$$= \frac{l_{(n-1)}}{E \cdot I_{(n-1)}}\left(\frac{F_{(n-1)} \cdot l_{(n-1)}}{2} - M_{(n-1)}\right)$$

$$2\,M_{tn} + F_n \cdot a_n = M_{to}; \qquad (1.7)$$

$$\frac{l_n}{E \cdot I_n}\left(\frac{F_n \cdot l_n}{3} - \frac{M_n}{2}\right) = \frac{a_n}{2} \cdot \frac{M_{tn}}{G \cdot I_{pn}}$$

$$\frac{1}{2G}\left[\frac{(M_n + 0)\,a_n}{I_{pb_n}} - \frac{\left(M_{(n-1)} + M'_n\right) a_{(n-1)}}{I_{pb_{(n-1)}}}\right] =$$

$$= \frac{l_n}{E \cdot I_n}\left(\frac{F_n \cdot l_n}{2} - M_n\right)$$

După cum se vede, pentru cazul bridelor elastice la răsucire se obține prin această metodă un sistem de ecuații liniare greu de rezolvat.

I–B) Bride rigide la răsucire. Stîlpi cu moment de inerție variabil

Dacă în a 3-a ecuație a tronsonului *1* din sistemul (1.7) facem $I_{pb_1} = \infty$ obținem $\frac{F_1 \cdot l_1}{2} = M_1$.

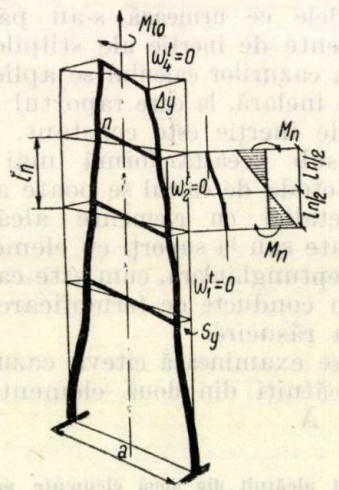


Fig. 6.

Tot astfel și pentru celelalte tronsoane, în cazul cînd bridele sînt infinit rigide la răsucire, avem $\frac{F \cdot l}{2} = M$. Din relația (1.5) se vede că

unghiurile ω sînt nule şi deformaţia suportului este aceea din fig. 6.

Sistemul de $3n$ ecuaţii cu $3n$ necunoscute se descompune în n sisteme de 3 ecuaţii cu 3 necunoscute. Din aceste ecuaţii se obţin imediat valorile lui M_t, M şi F

Pentru tronsonul n avem:

$$2M_{tn} + F_n \cdot a_n = M_{to}$$

$$\frac{l_n}{E \cdot I_n}\left(\frac{F_n \cdot l_n}{3} - \frac{M_n}{2}\right) = \frac{a_n}{2} \cdot \frac{M_{tn}}{G \cdot I_{pn}} \qquad (1.8)$$

$$M_n = \frac{F_n \cdot l_n}{2}.$$

Rezolvînd sistemul şi notînd $\frac{6a_n^2}{l_n^2} \cdot \frac{E}{G} \cdot \frac{I_n}{I_{pn}} = K_n$ (1.9)

obţinem:

$$M_{tn} = \frac{1}{2+K_n} M_{to} \text{ şi } F_n = \frac{K_n}{a_n(2+K_n)} M_{to}.$$

Avem astfel valorile lui M_t, M şi F pentru fiecare tronson:

$$M_{t1} = \frac{1}{2+K_1} M_{to};\ F_1 = \frac{K_1}{a_1(2+K_1)} M_{to};\ M_1 = \frac{F_1 \cdot l_1}{2}$$

$$M_{t2} = \frac{1}{2+K_2} M_{to};\ F_2 = \frac{K_2}{a_2(2+K_2)} M_{to};\ M_2 = \frac{F_2 \cdot l_2}{2} \qquad (1.10)$$

$$M_{tn} = \frac{1}{2+K_n} M_{to};\ F_n = \frac{K_n}{a_n(2+K_n)} M_{to};\ M_n = \frac{F_n \cdot l_n}{2}$$

Observaţia I. Dacă stîlpii nu au înclinări şi au moment de inerţie constant, coeficienţii K depind numai de l, distanţa dintre bride. Dacă bridele sînt la distanţe egale, coeficienţii K devin egali, ceea ce conduce la:

$$M_{t1} = M_{t2} = \ldots = M_{tn}$$

$$F_1 = F_2 = \ldots = F_n \qquad (1.11)$$

$$M_1 = M_2 = \ldots = M_n$$

Observaţia II. În cazul stîlpului cu bride rigide la încovoiere şi la răsucire, deplasarea vîrfului stîlpului perpendiculară pe planul suportului este (fig. 6):

$$\Delta_y = \Sigma\delta_y = \Sigma\theta \cdot \frac{a}{2}$$

avînd:

$$\theta = \frac{M_t \cdot l}{G \cdot I_p} = \frac{M_{to}}{2+K} \cdot \frac{l}{G \cdot I_p}.$$

Înlocuind pe K cu valoarea arătată, obţinem:

$$\Delta_y = M_{to} \sum_1^n \frac{l^3}{2(l^2 \cdot G \cdot I_p + 3a^2 \cdot E \cdot I)} \cdot \frac{a}{2} \qquad (1.12)$$

La încercările de rezistenţă ce se fac asupra stîlpilor deplasarea Δ_y poate fi uşor măsurată pentru a fi comparată cu valoarea ce se obţine din formula (1.12).

Observaţia III. Determinarea eforturilor din elementele suportului s-a făcut în ipoteza că bridele sînt infinit rigide la încovoiere.

Momentele încovoietoare ce apar în planul orizontal al bridelor sînt:

Pentru bridele acţionate direct de momente de răsucire M_{to}, moment maxim la mijloc, egal cu 0,5 M_{to}.

Pentru bridele inferioare, momente maxime la capete, egale cu $M_{t,n-1} - M_{tn}$ (fig. 3) şi moment zero la mijloc.

În planul vertical al bridelor momentele sînt acelea ce rezultă din cadrul etajat supus la forţe orizontale în planul său.

I–C) Bride fără rigiditate la răsucire. Stîlpi cu moment de inerţie variabil

Acest caz corespunde, de exemplu, unor stîlpi cu antretoaze zăbrelite în plan orizontal, care au rigiditate la încovoiere şi nu au rigiditate la răsucire, sau unei articulaţii între stîlp şi bridă *care să permită rotirea numai în plan vertical.*

Mai sus am avut pentru brida n (1.15):

$$a_n(M_n + M'_{(n+1)}) = 2\omega_n^t \cdot G \cdot I_{pbn}.$$

Dacă facem $I_{pbn} = 0$ obţinem $M_n = -M'_{(n+1)}$ (1.13) şi tot astfel pentru celelalte tronsoane.

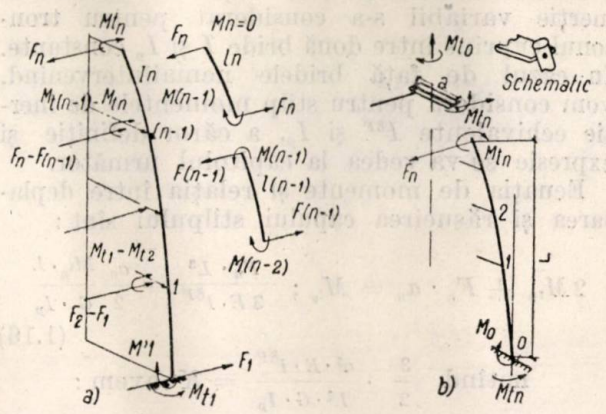


Fig. 7.

Considerînd un suport cu n tronsoane avem în cazul de faţă $M_n = 0$. Secţionînd bridele în vecinătatea stîlpului, acesta este în echilibru sub acţiunea reacţiunilor din fig. 7.

: Sistemul de ecuații (1.7) devine :

$$2M_{t_1} + F_1 \cdot a_1 = M_{t_0} ;$$

$$\frac{l_1}{E \cdot I_1}\left(\frac{F_1 \cdot l_1}{3} + \frac{M_1}{2}\right) = \frac{a_1}{2} \cdot \frac{M_{t_1}}{G \cdot I_{p_1}}$$

$$2M_{t_2} + F_2 \cdot a_2 = M_{t_0} ;$$

. . . . . .

$$\frac{l_2}{E \cdot I_2}\left(\frac{F_2 \cdot l_2}{3} + \frac{M_2}{2}\right) = \frac{a_2}{2} \cdot \frac{M_{t_2}}{G \cdot I_{p_2}} ;$$

. . . . . .

$$M_1 = F_2 l_2 + M_2 \qquad (1.14)$$

. . . . . .

$$2M_{t_n} + F_n \cdot a_n = M_{t_0} ;$$

$$\frac{l_n}{E \cdot I_n}\left(\frac{F_n \cdot l_n}{3} + \frac{M_n}{2}\right) = \frac{a_n}{2} \cdot \frac{M_{t_n}}{G \cdot I_{p_n}} ; \quad M_{(n-1)} = F_n \cdot l_n .$$

Avem un sistem de $(3_{(n-1)})$ ecuații cu $(3_{(n-1)})$ necunoscute $(M_n = 0)$.

I—D) Bride fără rigiditate la încovoiere și la răsucire. Stîlpi cu moment de inerție variabil

Bridele neavînd rigiditate nici la răsucire nici la încovoiere (cu excepția bridei de sus care transmite stîlpilor acțiunea momentului de răsucire M_{t_0} și care trebuie să rămînă rigidă la încovoiere) avem (fig. 7) :

$$M_{t_1} - M_{t_2} = 0 \ldots M_{t(n-1)} - M_{tn} = 0$$

$$F_2 - F_1 = 0 \qquad F_n - F_{(n-1)} = 0$$

$$-M'_2 = M_1 \qquad -M'_n = M_{(n-1)}$$

$$M_t = \text{constant} = M_{tn}$$

$$F = \text{constant} = F_n \qquad (1.15)$$

$$M_n = 0$$

În cele de mai sus, la stîlpi cu moment de inerție variabil s-a considerat pentru tronsonul cuprins între două bride I și I_p constante. În cazul de față bridele nemaiintervenind, vom considera pentru stîlp momentele de inerție echivalente $I^{\delta F}$ și I_p, a căror definiție și expresie se va vedea la capitolul următor.

Ecuația de momente și relația între deplasarea și răsucirea capului stîlpului sînt :

$$2M_{t_n} + F_n \cdot a_n = M_{t_0} ; \quad \frac{F_n \cdot L^3}{3E \cdot I^{\delta F}} = \frac{a_n}{2}\frac{M_{t_n} \cdot L}{G \cdot I_p} \qquad (1.16)$$

notînd $\frac{3}{2} \cdot \frac{a^2 \cdot E \cdot I^{\delta F}}{L^2 \cdot G \cdot I_p} = K'$ avem :

$$M_{tn} = \frac{1}{2 + K'} M_{t_0} \qquad (1.17)$$

$$F_n = \frac{K'}{a(2 + K')} M_{t_0} \qquad (1.18)$$

$$M_0 = F_n \cdot L.$$

II. Suport alcătuit din două elemente formînd un *A*

Suportul se alcătuiește din două elemente — tronconice sau cilindrice — solidarizate prin bride cu console.

II—A) O singură bridă elastică la răsucire. Stîlpi cu moment de inerție variabil

Ca și în cazul suportului alcătuit din două elemente paralele, se deplasează forțele F_0 în planul stîlpului, introducîndu-se momentele $F_0 \times e$ și se consideră separat cele două solicitări :

a) încovoierea în planul suportului ;

b) răsucirea ansamblului care produce încovoieri și răsuciri în stîlpi și bridă.

Momentul de inerție al stîlpului fiind variabil introducem următoarele noțiuni :

$I^{\delta F} = \frac{l^3}{3} \cdot \frac{1}{\sum \frac{x^2 \cdot \Delta x}{I_x}}$ ... moment de inerție al unui stîlp cilindric care sub acțiunea forței F are în dreptul forței aceeași săgeată δ ca și stîlpul tronconic real.

$I^{\delta M} = \frac{l^2}{2} \cdot \frac{1}{\sum \frac{x \cdot \Delta x}{I_x}}$ ... idem, sub acțiunea unui moment.

$I^{\omega F} = \frac{l^2}{2} \cdot \frac{1}{\sum \frac{x \cdot \Delta x}{I_x}}$ ... moment de inerție al unui stîlp cilindric care sub acțiunea forței F are în dreptul forței aceeași rotație ω ca și stîlpul tronconic real.

$I^{\omega M} = l \frac{1}{\sum \frac{\Delta x}{I_x}}$ ... idem, sub acțiunea unui moment.

$I_p = l \frac{1}{\sum \frac{\Delta x}{I_{px}}}$ ... moment de inerție polar al unui stîlp cilindric care sub acțiunea unui moment de răsucire are aceeași deformație totală ca și stîlpul tronconic real.

Suportul este solicitat de :

a) momentul de răsucire M_{t_0} ;

b) momentele de încovoiere M și M', $(M + M' = F \cdot l)$;

c) forțele de deplasare F.

Notațiile sînt cele din fig. 8 și 9. ω' este unghiul cu care se rotește capătul bridei față de secțiunea din axul de simetrie al suportului, care nu se rotește. Alegem ca necunoscute eforturile M_t, M și F.

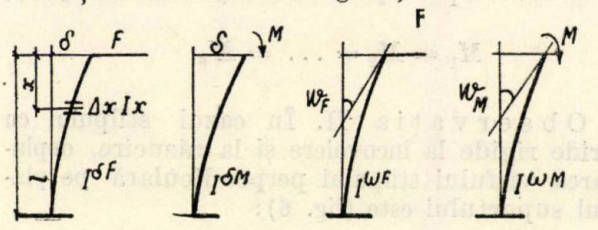


Fig. 8.

Ecuațiile de echilibru și deformație sînt :
a) ecuația de momente :

$$2M_t \cdot \sin\alpha + 2\,M \cdot \cos\alpha + F \cdot a = M_{t_0} \quad (2.1)$$

b) relația dintre deplasarea și răsucirea stîlpului :

$$\delta = \frac{a}{2} \cdot \theta. \quad (2.2)$$

Știind că $\delta = \frac{F \cdot l^3}{3E \cdot I^{\delta F}} - \frac{M}{2E \cdot I^{\delta M}}$ și $\theta = \frac{M_t \cdot l}{G \cdot I_p}$

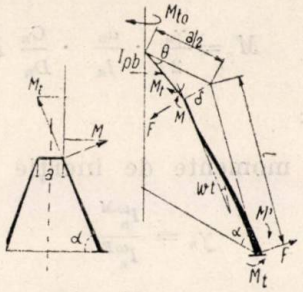


Fig. 9.

obținem din relația de mai sus :

$$\frac{l}{E}\left(\frac{F \cdot l}{3\,I^{\delta F}} - \frac{M}{2\,I^{\delta M}}\right) = \frac{a}{2} \cdot \frac{M_t}{G \cdot I_p} \quad (2.3)$$

c) relația între răsucirea bridei și rotația stîlpului prin încovoiere

$$\omega^t = \omega_F - \omega_M$$

Știind că $\omega_F = \frac{F \cdot l^2}{2E \cdot I^{\omega F}}$; $\omega_M = \frac{M \cdot l}{E \cdot I^{\omega M}}$;

$$\omega^t = \frac{M \cdot a}{2G \cdot I_{pb}} \quad (2.4)$$

obținem $M = \frac{F \cdot l}{2}\gamma_0$, în care

$$\gamma_0 = \frac{2l \cdot G \cdot I^{\omega_M} \cdot I_{pb}}{I^{\omega_F}(a \cdot E \cdot I^{\omega M} + 2l \cdot G \cdot I_{pb})}. \quad (2.5)$$

Se obține astfel sistemul de 3 ecuații cu 3 necunoscute :

$$2\,M_t \cdot \sin\alpha + 2\,M \cdot \cos\alpha + F \cdot a = M_{t_0}$$

$$\frac{l}{E}\left(\frac{F \cdot l}{3\,I^{\delta F}} - \frac{M}{2I^{\delta M}}\right) = \frac{a}{2} \cdot \frac{M_t}{G \cdot I_p} \quad (2.6)$$

$$M = \frac{F \cdot l}{2}\gamma_0$$

Rezolvînd sistemul și notînd :

$$A = \frac{6E \cdot I^{\delta F} \cdot I^{\delta M}}{G \cdot I_p\,(4\,I^{\delta M} - 3\gamma_0\,I^{\delta F})}$$

și $B = 2 \cdot \sin\alpha + \frac{a}{l} A\left(\gamma_0 \cdot \cos\alpha + \frac{a}{l}\right)$ (2.7)

expresiile necunoscutelor sînt :

$$M_t = \frac{1}{B} M_{t_0}$$

$$F = \frac{a}{l^2} \cdot \frac{A}{B} M_{t_0} \quad (2.8)$$

$$M = \frac{\gamma_0}{2} \cdot \frac{a}{l} \cdot \frac{A}{B} M_{t_0}$$

II–B) **O singură bridă rigidă la răsucire**

1) *Stîlpi cu moment de inerție variabil*
Făcînd în expresia lui γ_0, $I_{pb} = \infty$ obținem

$$\gamma = \frac{I^{\omega M}}{I^{\omega F}} \quad (2.9)$$

Coeficientul A devine $C = \frac{6E \cdot I^{\delta F} \cdot I^{\delta M}}{G \cdot I_p\,(4I^{\delta M} - 3\gamma\,I^{\delta F})}$ (2.10)

Coeficientul B devine

$$D = 2 \cdot \sin\alpha + \frac{a}{l} \cdot C\left(\gamma \cdot \cos\alpha + \frac{a}{l}\right) \quad (2.11)$$

iar expresiile necunoscutelor sînt :

$$M_t = \frac{1}{D} M_{t_0}$$

$$F = \frac{a}{l^2} \cdot \frac{C}{D} M_{t_0} \quad (2.12)$$

$$M = \frac{\gamma}{2} \cdot \frac{a}{l} \cdot \frac{C}{D} M_{t_0}$$

2) *Stîlpi cu moment de inerție constant*
Stîlpul avînd momentul de inerție constant

$$I^{\delta F} = I^{\delta M} = I^{\omega F} = I^{\omega M} = I \quad (2.13)$$

Notațiile anterioare devin :

$$\gamma' = 1 \quad C' = 6\,\frac{E}{G} \cdot \frac{I}{I_p} \quad D' = 2 \cdot \sin\alpha +$$

$$+ \frac{6a}{l}\frac{E \cdot I}{G \cdot I_p}\left(\cos\alpha + \frac{a}{l}\right) \quad (2.14)$$

Observație. Dacă facem $\alpha = 90°$, D' devine

$$D'' = 2 + \frac{6a^2}{l^2} \cdot \frac{E \cdot I}{G \cdot I_p} \quad (2.15)$$

Expresia $\frac{6a^2}{l^2} \cdot \frac{E}{G} \cdot \frac{I}{I_p}$ s-a notat (1.9) cu K.
Avem :

$$M_t = \frac{1}{2+K} M_{t_0} \; ; \; F = \frac{a}{l^2}\frac{\frac{6E}{G} \cdot \frac{I}{I_p}}{2+K} M_{t_0} =$$

$$= \frac{K}{a\,(2+K)} M_{t_0} \; ; \; M = \frac{F \cdot l}{2}.$$

S-au obținut astfel expresiile stabilite în cazul suportului cu stîlpi paraleli ($\alpha = 90°$).

II—C) Două sau mai multe bride elastice la răsucire. Stîlpi cu moment de inerție variabil

În general, la stîlpii în formă de A, bridele se reduc la cele prevăzute cu consolele necesare susținerii conductoarelor. De altfel, spre baza stîlpului ele ar deveni grele și ar îngreuna suportul. În cazul mai multor bride elastice la răsucire, avem cu notațiile din fig. 9 și 10, pentru o bridă oarecare n :

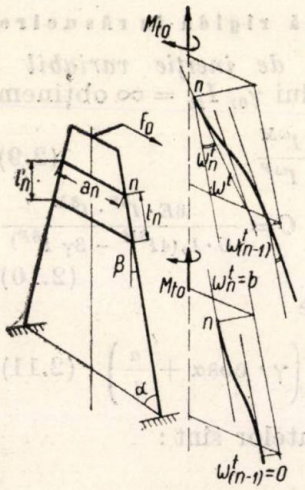


Fig. 10

a) ecuația de momente :

$$2\,M_{t_n}\cdot\sin\alpha + 2\,M_n\cdot\cos\alpha + F_n\cdot a = M_{t_0} \qquad (2.16)$$

b) relația între deplasarea și răsucirea stîlpului :

$$\delta_n = \frac{a_n}{2}\,\theta_n \qquad (2.17)$$

c) relația între unghiurile de răsucire ale bridelor de la extremitățile tronsonului :

$$\omega_n^t - \omega_{(n-1)}^t = \omega_t \text{ unde } \omega^t = \omega_F - \omega_M \qquad (2.18)$$

Introducînd expresiile cunoscute ale deformațiilor avem pentru brida n, 3 ecuații :

$$2\,M_{t_n}\cdot\sin\alpha + 2\,M_n\cos\alpha + F_n\cdot a = M_{t_0} \qquad (2.19)$$

$$\frac{l_n}{E}\left(\frac{F_n\cdot l_n}{3I_n^{\delta F}} - \frac{M_n}{2I_n^{\delta M}}\right) = \frac{a_n}{2}\cdot\frac{M_{t_n}}{G\cdot I_{p_n}}$$

$$\frac{1}{2G}\left[\frac{\left(M_n + M'_{(n+1)}\right)a_n}{I_{pb_n}} - \frac{\left(M_{(n-1)} + M'_n\right)a_{(n-1)}}{I_{pb_{(n-1)}}}\right] = \frac{l_n}{E}\left(\frac{F_n\cdot l_n}{2I_n^{\omega F}} - \frac{M_n}{I_n^{\omega M}}\right)$$

Astfel avem pentru fiecare bridă trei ecuații și pentru suportul cu q bride un sistem de $3q$ ecuații cu $3q$ necunoscute, sistem greu de rezolvat.

II—D) Două sau mai multe bride rigide la răsucire

În cazul bridelor infinit rigide la răsucire rotațiile ω_n^t și $\omega_{(n-1)}^t$ sînt nule și avem $\omega_F = \omega_M$, care depind numai de necunoscutele din tronsonul respectiv. Sistemul de ecuații se descompune în cîte 3 ecuații cu 3 necunoscute pentru fiecare tronson.

Valorile necunoscutelor sînt cele stabilite la paragraful II—B, și anume :

Pentru brida n.

$$M_{t_n} = \frac{1}{D_n}\cdot M_{t_0}$$

$$F_n = \frac{a_n}{l_n^2}\cdot\frac{C_n}{D_n}\,M_{t_0} \qquad (2.20)$$

$$M_n = \frac{\gamma_n}{2}\cdot\frac{a_n}{l_n}\cdot\frac{C_n}{D_n}\,M_{t_0}$$

cu notațiile :

a) pentru momente de inerție variabile

$$\gamma_n = \frac{I_n^{\omega M}}{I_n^{\omega F}}$$

$$C_n = \frac{6E\cdot I_n^{\delta F}\cdot I_n^{\delta M}}{G\cdot I_{pn}\left(4\,I_n^{\delta M} - 3\gamma_n\cdot I_n^{\delta F}\right)}$$

$$D_n = 2\cdot\sin\alpha + \frac{a_n}{l_n}C_n\left(\gamma_n\cos\alpha + \frac{a_n}{l_n}\right) \qquad (2.21)$$

b) pentru momente de inerție constante

$$\gamma_n = 1$$

$$C = 6\,\frac{E}{G}\cdot\frac{I_n}{I_{pn}}$$

$$D_n = 2\sin\alpha + \frac{a_n}{l_n}C_n\left(\cos\alpha + \frac{a_n}{l_n}\right)$$

O b s e r v a ț i e . Momentele încovoietoare și momentele de răsucire variază cu înclinarea stîlpilor. Pentru suportul cu o singură bridă și stîlp cu moment de inerție constant, variația momentului M se vede ușor :

$$l = \frac{l'}{\cos\beta} \quad \text{(fig. 10)} \quad M_{t_0} = 1$$

$$M = \frac{a}{2l'}\,C\,\frac{1}{2 + \frac{a}{l'}\,C\left(\sin\beta + \frac{a}{l'}\cos\beta\right)}\,.$$

Numărătorul derivatei are ca parte variabilă $\left(\frac{a}{l'}\sin\beta - \cos\beta\right)$. Pentru unghiurile mici care intervin și $\frac{a}{l'}$ subunitar, expresia este negativă și M descrește. Valoarea minimă are loc pentru cotg $\beta = \frac{a}{l'}$. La stîlpul cu mai multe bride, variația momentului în diferite tronsoane este influențată și de creșterea lui a.

Exemple numerice

1) *Suport alcătuit din două elemente cu înclinare mică față de verticală* (cca. 1°) *și cu 5 bride*

S-a luat ca exemplu un suport de întindere pentru linii de 35 kW. Suportul este alcătuit din elemente tronconice (stîlpi centrifugați) și are elementele geometrice din fig. 11. Bridele sînt de tipul „ochelari", cu găuri la capete prin care trec stîlpii (fig. 1).

Pentru simplificarea calculelor bridele s-au considerat rigide față de stîlpi (raportul rigidităților variază pentru diferite tronsoane între 4, 5 și 6) și s-au utilizat formulele (1.10).

În caz de avarie se consideră în calcul ruperea a două conductoare active care produc momente de răsucire de 1955 și 1265 kgm, aplicate la mijlocul bridelor *3* și *5* (fig. 11).

Stîlpul avînd secțiune inelară, avem $\frac{I_p}{I} = 2$ și luînd $G = 0{,}425\ E$, coeficientii K se simplifică și au valoarea

$$K = 7{,}06\ \frac{a_n^2}{l_n^2}.$$

Forțele de avarie (2 × 1150 kg), deplasate în planul suportului produc momente încovoietoare (M_i) perpendiculare pe cele produse de momentul de răsucire. Compunînd momentele M cu M_i avem momentele rezultante M_r

Tronson	M_{t_0}	M_t	M	M_{t_b}	M_i	M_r kgm
1	3220	1250	1260	2500	2645	2920
2	3220	1260	1240	2460		
3	3220	1280	1220	2420		
4	1955	390	900	1810		
5	1955	420	910	910		

Asupra acestui tip de suport s-a făcut o încercare la rupere în poziție verticală, stîlpul fiind încastrat în fundații de beton. Deformațiile datorite răsucirii — perpendiculare pe planul suportului și pe aliniamentul liniei — pot fi calculate cu formula (1.12).

În cazul de față marca prescrisă pentru beton fiind B400 și ținînd seama de scăderea de cca. 25% datorită condițiilor de aburire, s-a făcut calculul cu $E = 210\,000$ kg/cm² și $G = 0{,}425$ E.

La sarcina de avarie de 2 × 1150 kg s-a calculat o deplasare a capului stîlpului perpendiculară pe planul suportului $\Delta y = 0{,}8$ cm, față de 1,2 cm măsurat. Diferența se poate explica prin faptul că secțiunile de beton ale stîlpului încercat au fost mai mici decît cele prevăzute în proiect (de exemplu în secțiunea în care s-a produs ruperea — singura în care s-a făcut verificarea — grosimea peretelui de beton a fost de 4 cm în loc de 5,2 cm considerat în calcul) și prin faptul că în calculul deplasării Δy s-au neglijat deformațiile de încovoiere și de răsucire ale bridelor.

2) *Suport alcătuit din două elemente paralele cu o singură bridă*

a) rigidă la răsucire;

b) fără rigiditate la răsucire.

Considerăm un suport de aceeași înălțime ca precedentul, avînd o singură bridă (brida *5*), la nivelul căreia se aplică momentul total de răsucire din cazul precedent.

Datele de calcul sînt: $l = 15{,}60$ m;

$a = 1{,}31$ m;

$\frac{I_p}{I} = 2$;

$M_{to} = 3220$ kgm.

Aplicînd formulele (1.10) pentru bridă rigidă și (1.18) pentru bridă fără rigiditate și considerînd că stîlpii se comportă la fel la forța orizontală aplicată în planul suportului, avem:

	Tronson	M_{t_0}	M_t	M	M_{t_b}	M_i	M_r kgm
a) bridă rigidă	*1*	3220	1568	460	460	8970	8980
b) bridă fără rigiditate	*1*	3220	1597	270	0	8970	8970
În cazul a 5 bride rigide am avut pentru tronsonul *1*							
	1	3220	1250	1260	2500	2645	2920

3) *Suport alcătuit din două elemente paralele cu două bride*

a) rigide la răsucire;

b) elastice la răsucire.

Pentru a simplifica calculul, luăm ca exemplu un suport cu două bride alcătuit din elemente paralele cu secțiune cilindrică inelară.

Elementele geometrice sînt cele din fig. 12.

a) Bride rigide la răsucire

Aplicînd formulele pentru bride rigide cu $K_n = 7{,}06\ \frac{a_n^2}{l_n^2}$

și $M_{t_0} = 2000$ kgm obținem valorile arătate mai jos.

b) Bride elastice la răsucire

Cele două bride s-au considerat ca avînd aceeași secțiune 45/50 cm.

Avem $I_{pb} = \eta \cdot h \cdot b^3$ $\frac{h}{b} = \frac{5}{4{,}5}$ corespunde $\eta = 0{,}152$

$$I_{pb} = 0{,}152 \times 5 \times 4{,}5 = 69{,}20\ \text{dm}^4$$

$$I = \frac{3{,}14}{64}\,(3^4 - 2^4) = 3{,}25\ \text{dm}^4 \qquad \frac{G}{E} = 0{,}425$$

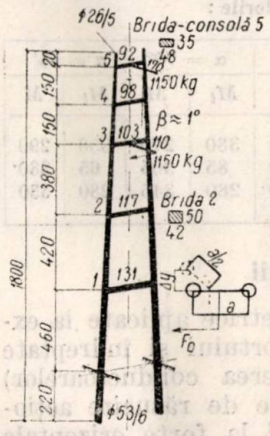


Fig. 11.

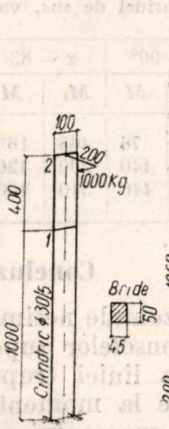


Fig. 12.

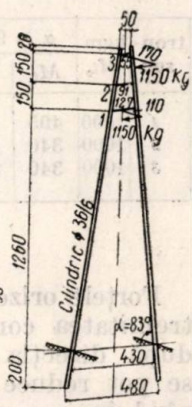


Fig. 13.

Sistemul de ecuații este:

$2M_{t_1} + F_1 - M_{t_0} = 0$

$28{,}3333\ F_1 - 4{,}25\ M_1 - 0{,}5\ M_{t_1} = 0$

$10{,}0552\ M_1 + 0{,}2210\ F_2 - 0{,}0552\ M_2 - 50\ F_1 = 0$

$2M_{t_2} + F_2 - M_{t_0} = 0$

$4{,}5333\ F_2 - 1{,}7\ M_2 - 0{,}5\ M_{t_2} = 0$

$18{,}5965\ M_2 - 0{,}25\ M_1 - 37{,}1930\ F_2 = 0.$

Rezolvînd sistemul avem, cu $M_{to} = 2000$ kgm, valorile de mai jos:

	Tronson	M_{t_0}	M_t	M	M_{t_b}	F kg
a) bride rigide	1	2000	966	340	1064	68
	2	2000	818	724	724	362
b) bride elastice	1	2000	967	318	1047	65
	2	2000	817	738	738	366

4) *Suport alcătuit din două elemente formînd un A*

a) S-a luat ca exemplu un suport de întindere pentru linii de 35 kV.

Elementele geometrice ale suportului şi solicitările sînt arătate în fig. 13.

Bridele fiind considerate rigide la răsucire şi stîlpii avînd moment de inerţie constant, formulele sînt cele de la paragraful II—D—b.

$$C = 7{,}06 \quad D_n = 2 \sin 83^0 + 7{,}06 \frac{a_n}{l_n} \left(\cos 83^\circ + \frac{a_n}{l_n} \right)$$

În planul suportului avem, ca şi în cazul elementelor paralele, momente încovoietoare, care se compun cu momentele produse de răsucire.

Tronson	M_{t_0}	M_t	M	M_{t_b}	M_i	M_r kgm
1	3220	1500	526	1344	3550	3590
2	1955	386	818	1594		
3	1955	602	776	776		

b) Variind înclinarea stîlpilor, variază momentele de răsucire şi momentele încovoietoare în diferitele tronsoane.

Păstrînd constantă înălţimea suportului, distanţa între bride şi distanţa între stîlpi la nivelul bridei 3 (0,55 m), avem pentru diferite unghiuri şi un moment $M_{t_0} = 1000$ kgm aplicat la mijlocul bridei de sus, valorile:

tronson	kgm M_{t_0}	$\alpha = 90°$		$\alpha = 83°$		$\alpha = 70°$		$\alpha = 65°$	
		M_t	M	M_t	M	M_t	M	M_t	M
1	1000	495	76	465	165	380	270	350	290
2	1000	340	440	200	420	85	305	65	280
3	1000	340	440	310	400	280	345	280	330

Concluzii

Forţele orizontale nesimetrice aplicate la extremitatea consolelor suportului şi îndreptate după direcţia liniei (ruperea conductoarelor) se pot reduce la momente de răsucire acţionînd în axa suportului şi la forţe orizontale acţionînd în planul determinat de stîlpii acestuia. Acestea din urmă produc o încovoiere care se suprapune efectului răsucirii.

Considerarea secţiunii suportului cu o secţiune compusă şi repartizarea momentelor de răsucire în raport cu momentele de inerţie la răsucire ale elementelor secţiunii, aşa cum se face la secţiunile compuse, conduce în cazul de faţă la împărţirea momentului rezultant de răsucire la cei doi stîlpi şi la neglijarea momentelor încovoietoare ce apar.

În realitate, momentele de răsucire aplicate în axa suportului produc momente de răsucire şi încovoiere atît în stîlpii cît şi în bridele

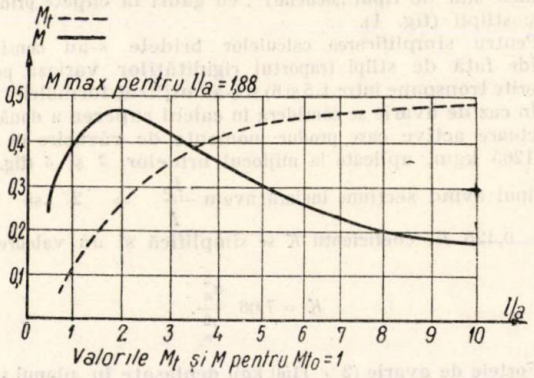


Fig. 14

care alcătuiesc suportul. Aceste momente variază de-a lungul suportului în diferitele bride şi tronsoane de stîlp cuprinse între bride.

Pentru suportul alcătuit din elemente paralele şi suportul A se obţin expresii simple ale momentelor de răsucire şi încovoiere în diferitele elemente numai în cazul considerării bridelor ca infinit rigide la ambele solicitări.

Considerarea bridelor ca elastice la răsucire însă infinit rigide la încovoiere în planul lor orizontal conduce la sisteme de ecuaţii liniare cu de trei ori atîtea necunoscute cîte bride are suportul. În cazul general al bridelor elastice la ambele solicitări devine necesară aplicarea unei metode prin aproximaţii succesive.

Repartizarea momentelor de răsucire exterioare în momente de răsucire şi încovoiere în elementele suportului se face în funcţie de:

— înclinarea stîlpilor faţă de verticală;
— lungimea bridelor şi distanţa dintre ele;
— momentele de inerţie ecuatoriale şi de răsucire ale stîlpilor şi bridelor.

Suportul cu stîlpi paraleli

a) În cazul suportului cu elemente paralele, stîlpi cu secţiune circulară şi bride infinit rigide, momentele de răsucire şi încovoiere din stîlpi (M_t şi M) variază cu raportul l/a (distanţa dintre bride/distanţa dintre stîlpi), după cum se arată în fig. 14.

La suporţii cu stîlpi paraleli, cu moment de inerţie constant şi bride la distanţe egale, momentele de răsucire şi încovoiere rămîn constante de-a lungul suportului (1.11).

Pentru reducerea momentelor de răsucire în stîlpi este necesară mărirea distanţei dintre ei şi îndesirea bridelor (în cazul exemplului 1 momentele de răsucire variază puţin, de-

oarece spre bază creşte atît distanţa dintre stîlpi cît şi distanţa dintre bride).

b) Numărul şi poziţia bridelor nu influenţează în aceeaşi măsură momentele de răsucire din stîlpi, momentele încovoietoare care însoţesc răsucirea şi momentele ce rezultă din compunerea acestora cu momentele provenite din încovoierea în planul suportului.

Suprimînd bridele inferioare (exemplul 2), la baza stîlpului momentul de răsucire creşte cu cca. 25%, momentul încovoietor scade cu cca. 60%, iar momentul încovoietor rezultant creşte cu cca. 200%. Neglijarea aportului bridelor inferioare revine la a împărţi momentul exterior M_{t0} la cei doi stîlpi şi a-i supradimensiona la răsucire şi încovoiere.

c) Bridele sînt puternic solicitate la răsucire, momentele crescînd spre baza suportului. În cazul exemplului 1 în brida de jos se regăseşte cca. 80% din momentul exterior de răsucire.

d) În cazul stîlpilor elastici, cînd rigiditatea la răsucire a bridelor este mare faţă de rigiditatea la încovoiere a stîlpilor (în exemplul 3, raportul este mai mare ca 15) considerarea bridelor ca infinit rigide nu influenţează sensibil eforturile din stîlpi. În exemplul amintit, în ipoteza bridelor elastice, momentele de răsucire rămîn aceleaşi , iar momentele încovoietoare variază faţă de bridele rigide cu + 2% şi − 6,5%.

În cazul cînd raportul rigidităţilor scade, eroarea ce se face prin considerarea bridelor ca rigide creşte. Luîndu-se ca exemplu un suport cu două bride elastice, avînd rapoartele rigidităţilor asemănătoare celui din exemplul 1 (s-au luat rapoartele 5 şi 6), în cazul bridelor elastice momentele de răsucire variază, faţă de cazul bridelor rigide cu + 5,25% şi −1%, în timp ce momentele încovoietoare variază cu +6,5% şi −28% în tronsonul de bază)

La dimensionarea stîlpului, momentul încovoietor datorit răsucirii se compune vectorial cu momentul dat de solicitarea în planul său. În exemplul 1 reducînd momentul M cu 28% şi compunîndu-l cu acelaşi M_i, se vede că considerarea bridelor ca infinit rigide conduce la un spor al momentului rezultant de cca. 5%.

e) Rigiditatea sistemului alcătuit din stîlpi şi bride face ca deformaţiile suportului să fie foarte mici. În cazul suportului din exemplul 1, la sarcina de avarie săgeţile stîlpilor, atît în planul suportului cît şi pe direcţia perpendiculară, au fost mai mici ca 5 cm, faţă de 30 cm (2%) săgeată admisibilă la vîrf în regim normal de exploatare (prescripţiile romîne LEA nu limitează săgeata în regim de avarie).

Suportul A

a) La suportul *A* variaţia momentului de răsucire şi încovoiere de-a lungul suportului este mult influenţată de distanţa între bride şi de lungimea acestora, variabilă din cauza înclinării stîlpilor.

Pentru o înclinare anumită a stîlpilor se pot stabili, ca şi în cazul suportului cu elemente paralele, curbele care dau pe M_t şi M în funcţie de l/a.

În exemplul 4—b se vede că pentru tronsoanele extreme variaţia momentelor este aceeaşi ca la suportul cu elemente paralele : momentele de răsucire cresc la bază, în timp ce momentele încovoietoare scad.

b) Momentele de răsucire şi de încovoiere variază în diferitele tronsoane în raport cu înclinarea stîlpilor. Distanţa dintre bride pe verticală şi lungimea unei bride rămînînd constante, momentele M_t şi M sînt date de nişte funcţiuni de unghiul făcut de axul stîlpului cu verticala.

Pentru suportul cu o singură bridă s-a arătat, de exemplu, că momentul încovoietor are o valoare maximă pentru cotg $\beta = a/l'$ (lungimea bridei/distanţa de la bridă la sol). De asemenea, din exemplul 4—b se vede că pentru înclinările ce se pot adopta la asemenea suporţi, M_t scade cînd înclinarea stîlpilor creşte.

Determinarea cu ajutorul metodei de calcul arătate a solicitărilor ce iau naştere în elementele suporţilor alcătuiţi din stîlpi asamblaţi cu bride, sub acţiunea unor forţe orizontale nesimetrice, permite :

— stabilirea numărului şi poziţiei bridelor în raport cu momentele de răsucire şi încovoiere ce pot fi preluate de stîlpi;

— evitarea supradimensionării stîlpilor la răsucire prin considerarea secţiunii suportului ca o secţiune compusă ;

— dimensionarea corectă a stîlpilor prin considerarea momentelor încovoietoare ce apar o dată cu răsucirea ;

— dimensionarea bridelor la eforturile reale de răscuire şi încovoiere la care sînt supuse.

Metode şi utilaje pentru încercarea în exploatare a transformatoarelor şi motoarelor

Ing. ŞT. GROSU

Încercarea transformatoarelor şi motoarelor electrice formează o disciplină aparte [1, 2, 3], care se concretizează pe platformele de încercare ale fabricilor producătoare în metode bine stabilite, folosind de obicei utilaje speciale. O serie de standarde dau indicaţii precise în această privinţă [4, 5, 6].

De multe ori sînt însă necesare încercări în afara fabricilor constructoare, în exploatare. Astfel sînt încercările care se fac: *a*) după reparaţiile executate în atelierele de întreţinere electrică ale întreprinderilor energetice sau cu alt specific; *b*) la punerea în funcţiune a unor maşini şi aparate, pe locul de exploatare; *c*) în cadrul încercărilor preventive, pentru verificarea stării maşinilor şi aparatelor în exploatare.

În aceste condiţii, metodele de încercare pot diferi de cele clasice, deoarece în condiţiile exploatării nu este întotdeauna rentabil sau posibil să se folosească aceleaşi utilaje de încercare ca în fabricile constructoare.

Creşterea rapidă a electrificării, construcţiile şi exploatarea nu întotdeauna satisfăcătoare, fac ca problema acestor încercări să fie actuală şi importantă, în special pentru energeticieni. Multe întreprinderi pentru producerea şi distribuirea energiei sînt în stadiul în care îşi organizează sau amplifică atelierele de reparaţii ale maşinilor electrice. Acelaşi lucru, la o scară mai mică, se întîmplă şi cu întreprinderile cu alt specific.

În cele ce urmează se vor indica unele metode şi utilaje de încercare, care pot fi folosite avantajos în condiţiile exploatării şi a căror introducere face posibilă efectuarea unor încercări importante, la care în alte circumstanţe, prin forţa împrejurărilor, se renunţă. În ipoteza că aceste metode înlocuiesc pe cele uzuale, necesitînd investiţii reduse, se pot face economii importante. Metodele ce se vor expune au fost experimentate cu rezultate bune.

I. Încercarea transformatoarelor

În general, la transformatoarele reparate în atelierele întreprinderilor energetice se încearcă cu tensiune ridicată izolaţia între înfăşurări sau între înfăşurări şi masă. Nu se face însă o încercare practic tot atît de importantă, şi anume aceea a izolaţiei între spire şi galeţi şi, în general, între elementele unei aceleiaşi înfăşurări. Această încercare, care se face cu tensiune indusă, prevăzută în toate normele (STAS 3035—52, C.E.I., GOST, VDE, Standardul Britanic etc.), este cu atît mai necesară cu cît se constată că majoritatea defectelor nu provin din străpungeri între înfăşurări sau la masă, ci din străpungeri între galeţi sau între spire. Este just că aceste defecte provin în mare măsură din cauza undelor de impuls, datorite descărcărilor atmosferice, dar cum încercarea la impuls a transformatoarelor reparate este încă o operaţie principial controversată, pentru încercarea izolaţiei între spire şi galeţi proba cu tensiune indusă este, cel puţin deocamdată, singura indicată.

Proba cu tensiune indusă este, de fapt, singura ce se foloseşte şi care înlocuieşte şi proba cu tensiune aplicată în cazul bobinajelor cu izolaţia gradată (cum sînt majoritatea bobinajelor de 110 kV). În acest caz, numai neutrul se poate încerca cu tensiune aplicată. Modul în care se face proba cu tensiune indusă este cunoscut şi apare şi în STAS 3035—52 (Transformatoare trifazate în ulei. Metode de încercare) şi în STAS-ul în curs de elaborare, care îl va înlocui pe acesta, precum şi în normele străine.

1. Realizarea utilajului necesar pentru proba cu tensiune indusă

La această probă, fiind necesară alimentarea transformatorului cu o tensiune mărită, de obicei dublul tensiunii nominale (în cazul transformatoarelor reparate ceva mai mică), alimentarea nu se poate face la 50 Hz, deoarece ar rezulta o inducţie prea mare şi curenţi de magnetizare foarte mari. Este necesar deci un generator de frecvenţă ridicată, de obicei între 100 şi 150 Hz. Frecvenţa nu trebuie să fie variabilă. În STAS 3035—52 se prevede 100 Hz, în timp ce normele mai noi lasă liberă această frecvenţă. De obicei se foloseşte 150 Hz. În proiectul nou de STAS, tot pentru 100 Hz, se prevede 1 minut.

În mod obişnuit se preconizează pentru această probă alimentarea dintr-un generator special, de tip sincron, la 150 Hz, cu reglajul tensiunii din excitaţie. Folosirea unui generator de 50 Hz, antrenat la turaţia triplă (sau chiar dublă) celei nominale, este în general hazardată. Acest generator are avantaje şi dezavantaje. Avantajele constau în aceea că, dacă este corespunzător construit, generează o tensiune sinusoidală şi că i se poate regla tensiunea în mod continuu, prin variaţia excitaţiei. Dezavantajul principal este acela că deocamdată nu apare în nomenclatorul produselor

fabricate de industria noastră electrotehnică şi deci este greu de procurat. În plus, reglarea tensiunii din excitaţie conduce în anumite domenii la un control mai greu al tensiunii (tendinţe de fugă a tensiunii).

O altă alternativă este aceea a folosirii pentru această probă a unui motor asincron cu rotorul bobinat, cu inele, funcţionînd ca generator asincron, prin aceea că este rotit de un alt motor, în sens invers faţă de cîmpul învîrtitor al statorului, obţinut prin alimentarea statorului de la reţeaua trifazată. Funcţionarea generatorului asincron este tratată în cărţile de maşini electrice [1, 2]. Avantajele şi dezavantajele acestui generator sînt următoarele: poate fi improvizat folosind un motor asincron existent, motorul de antrenare poate fi de o putere mai mică decît cel de antrenare al generatorului sincron, reglarea de tensiune este în general mai complicată. În privinţa modului de reglare a tensiunii pentru necesităţile standurilor de probă se va reveni în cele ce urmează.

Deoarece modul de utilizare, pentru acest scop, a generatorului sincron este în general bine cunoscut şi deoarece practic s-a constatat că chiar în fabrici cu multe resurse, cum ar fi Electroputere, procurarea unui generator sincron de frecvenţă mărită poate duce la întîrzieri mari în legătură cu aplicarea încercării, se va arăta în cele ce urmează, mai pe larg, modul de utilizare pentru această probă, a generatorului asincron, care a fost experimentat cu bune rezultate.

2. Determinarea caracteristicilor necesare ale grupului motor de antrenare-generator asincron de frecvenţă mărită

a) *Motorul asincron*, care va servi ca generator (G_a, schema *1*), este preferabil să se aleagă de turaţie mică, pentru că în felul acesta suportă mai uşor supraturaţia. Astfel, un motor cu turaţia nominală de 750 rot/min, cu viteza periferică relativ mică, în general, poate suporta antrenarea la 1 000 ture şi chiar 1 500 ture. Este preferabil să se folosească motoare cu tensiune în gol la rotor cît mai mică. Aceasta deoarece prin funcţionarea motorului ca generator asincron apar în rotor tensiuni ridicate (creşterea de tensiune este proporţională cu creşterea de frecvenţă). Se ştie că, în general, cu cît tensiunea este mai mică cu atît rezervele de izolaţie sînt mai mari. Puterea necesară a acestui motor este funcţie de puterea transformatoarelor pe care va trebui să le încerce, de frecvenţa produsă şi de creşterea tensiunii faţă de cea nominală. La aceeaşi putere a transformatorului şi la aceeaşi frecvenţă de tensiune de încercare mai trebuie ţinut seama de caracteristica de mers în gol a transformatorului, care însă în general variază în limite nu prea largi. Creşterea frecvenţei de la 100 Hz la 150 Hz determină la încercare o scădere importantă a inducţiei în transformatorul încercat şi o scădere şi mai mare a puterii necesare. De asemenea, scăderea tensiunii de încercare de la $2 \times U$ (U fiind tensiunea nominală) la $1{,}8U$, produce o scădere sensibilă a puterii cerute.

La calculul puterii trebuie ţinut seama de valoarea reactanţelor şi deci de căderile de tensiune în generator datorite creşterii frecvenţei. De asemenea, trebuie ţinut seama de faptul că din punct de vedere al încălzirii se poate merge la un regim pronunţat de suprasarcină, din cauza timpului redus cît durează proba. De asemenea, trebuie avută în vedere şi creşterea puterii generatorului asincron, faţă de funcţionarea ca motor, ca urmare a creşterii frecvenţei.

Ţinînd seama de toate aceste elemente, calculul practic nu poate fi decît aproximativ, şi chiar aşa rămîne totuşi destul de complicat. Folosirea unui calcul exact nu prezintă nici un interes practic. Pentru uzul exploatării s-au sintetizat rezultatele calculelor şi experienţei în cîteva tabele, care suplinesc calculele (tabela 1). Pentru valori intermediare se pot face interpolări.

Tabela 1

	Puterea nominală maximă a transformatoarelor de încercat (kVA)	Puterea nominală a motoarelor (kW) — Frecvenţa de încercare (Hz)		
		100	117	150
Încercarea se face la 2U	1 000		35 (11)	18 (9)
	5 600		125 (32)	52 (26)
	20 000		250 (75)	120 (60)
Încercarea se face la 1,8 U	1 000	35 (10)	23 (9)	12 (7)
	5 600	125 (30)	80 (26)	40 (23)
	20 000	250 (70)	170 (60)	90 (45)

Observaţie: Puterile indicate sînt cele nominale ale motoarelor, la 50 Hz, care vor servi ca generatoare asincrone de frecvenţă mărită. Puterile din paranteză sînt cele ale motoarelor de antrenare.

b) *Viteza motorului de antrenare* (M, schema *1*), în cazul cînd se face un cuplaj direct al axelor (ceea ce este preferabil), va trebui să fie cuprinsă între viteza nominală a motorului servind ca generator şi cea dublă. În cazul vitezei egale se obţine o frecvenţă de circa 100 Hz, iar în cazul vitezei duble, 150 Hz, conform relaţiei cunoscute:

$$f = \frac{p}{60}(n_1 + n_2)$$

unde:

p este numărul perechilor de poli;
n_1 — turaţia cîmpului;
n_2 — turaţia de antrenare.

În cazul cuplajului prin curele, se poate obține orice frecvență (în limitele necesare) din alegerea raportului diametrelor roților. Motorul de antrenare este de obicei un motor asincron, cu rotor în scurtcircuit. În acest caz, din cauza alunecării rezultă frecvențe ceva mai mici decît cele indicate în tabelă, dar aceasta nu necesită practic schimbarea valorilor din tabelă.

Puterea motorului de antrenare se calculează ținînd seama că el va trebui să acopere în afară de pierderile (wattate) ale generatorului și legăturilor, pierderile în transformatorul de încercat și eventual ale unui transformator (sau două) intermediar. Avînd în vedere că factorul de putere al sarcinii (transformatorului de încercat) este scăzut, puterea activă absorbită de transformator reprezintă o parte relativ mică din puterea aparentă a acesteia. De asemenea, se știe că în cazul generatorului asincron, o parte din putere este primită de la motorul de antrenare, iar alta de la rețeaua de alimentare. Făcînd aceleași considerații ca la *a*) cu privire la rațiunea efectuării unor calcule precise, ajungem la oportunitatea prezentării rezultatelor sub formă de tabelă (tabelă 1). Se înțelege din cele arătate că datele din această tabelă sînt orientative.

Spre exemplu, dacă se folosește pentru încercare frecvența de 150 Hz și se dispune de un motor de 20 kW la 50 Hz, la 750 rot/min și de un motor de 10 kW, de 1 500 ture la 50 Hz, motorul de 20 kW va deveni generator asincron, de circa 150 Hz, antrenat fiind de motorul de 10 kW. Conform tabelei, rezultă că un astfel de grup servește la încercarea transformatoarelor ceva mai mare decît 1 000°. În realitate, cu un astfel de grup se pot încerca în mod eficace și transformatoare de 5 600 kVA, numai că încercarea se va putea face la o tensiune mai mică decît 1,8 U, dar în orice caz mai mare decît valoarea limită inferioară admisă de STAS : 1,3U.

Practic se recomandă a se lua pentru generator și motor puteri mărite cu circa 25% față de tabelul 1.

3. Reglarea tensiunii

În principiu, este de dorit ca tensiunea să se poată regla în mod continuu, în limite largi. Practic, este suficient de multe ori de a dispune de o tensiune reglabilă în trepte.

Reglarea continuă a tensiunii de frecvență mărită se poate obține în cazul grupului motor-generator asincron, prin alimentarea excitației (a statorului generatorului) cu tensiune variabilă în mod continuu de la un regulator de inducție, de la un generator de 50 Hz cu tensiune variabilă, sau de la un transformator (sau autotransformator) cu reglaj continuu al tensiunii.

În cazul cînd nu se poate obține tensiunea de 50 Hz variabilă în mod continuu, încercarea se poate face în modul următor : se introduce pe partea de frecvență mărită un autotransformator (A_t, schema *1*) cu mai multe trepte (conform schemei *2*), astfel încît la o

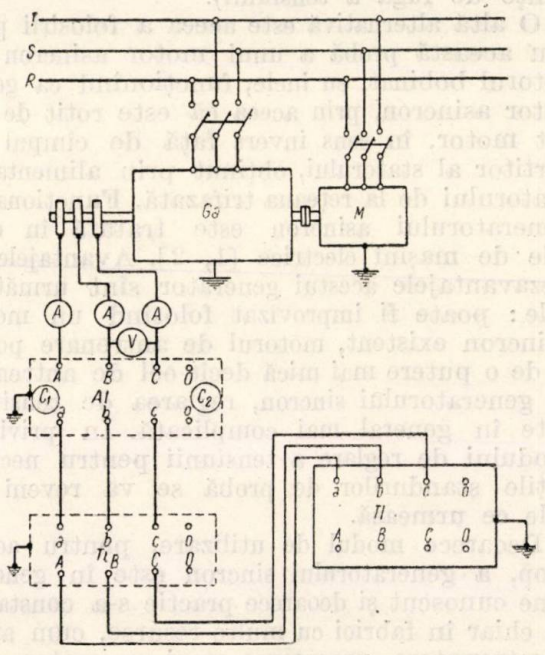


Fig. 1

tensiune de alimentare dată să rezulte la bornele de ieșire tensiunile duble ale tensiunilor standardizate de lucru, spre exemplu : 2 × 220 V, 2 × 400 V, 2 × 500 V. În caz că

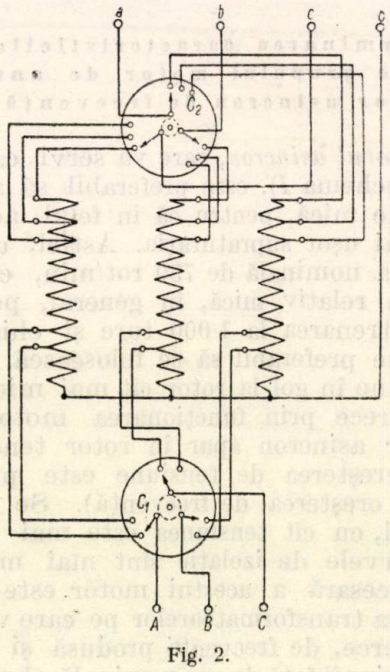


Fig. 2.

se prevăd și alte tensiuni, pot fi luate în considerare și acestea. Pentru a se putea obține valorile arătate, micșorate, spre exemplu la 80% (conform necesităților de încercare a re-

paraţiilor), trebuie prevăzute prize pe partea de alimentare (conform schemei *2*).

În cazul cînd transformatorul care se încearcă nu are nici o tensiune joasă, spre exemplu are raportul de transformare 6,3/35 kV, trebuie intercalat un transformator intermediar T_i, (schema *1*), raportul de transformare, spre exemplu 0,4/6,3 kV. Acest transformator ar fi fost necesar în orice caz şi atunci cînd tensiunea s-ar fi obţinut de la un generator sincron cu reglaj de tensiune continuu.

Este necesar ca schimbarea de tensiune să se facă prin comutator (C_1, C_2) în interiorul cuvei autotransformatorului, deoarece schimbările de legături la borne în exterior sînt incomode şi neindicate din punctul de vedere al securităţii muncii. Într-adevăr, este posibil ca din neglijenţă, la schimbări repetate, să se stingă bornele şi pericolul este cu atît mai mare cu cît este vorba de tensiuni relativ mari.

Uneori, autotransformatorul poate lipsi (deoarece autotransformatorul şi transformatorul din schema *1* pot lipsi simultan sau succesiv în schemă, conturul lor a fost reprezentat cu linii întrerupte). Astfel, aceasta este posibil în cazul cînd se consideră că transformatoarele de încercat, cu o înfăşurare de tensiune joasă, au toate această tensiune de 400 sau 500 V (deci se exclude tensiunea de 220 V). În acest caz dacă generatorul are la inele tensiunea (între faze) de 2×400 V, cuplajul se face direct, de la generator la transformatorul de încercat (T_1 schema I). Dacă tensiunea nominală a acestuia este 400 V, încercarea se face aproximativ cu tensiunea $2 \times U$, iar dacă are tensiunea nominală 500 V, încercarea se face la aproximativ 1,6U.

În cazul că se consideră necesar un reglaj continuu al tensiunii, în sensul că tensiunea se aplică la o valoare scăzută (circa 1/2 din tensiunea de încărcare sau mai mică) şi apoi se ridică în mod continuu pînă la tensiunea de încercare, aceasta se poate realiza destul de uşor, în modul următor : se aplică tensiunea la stator, rotorul generatorului fiind în repaos. Rezultă în acest caz la perii o tensiune la 50 Hz, redusă la ½. Pentru ridicarea tensiunii se porneşte motorul şi o dată cu creşterea vitezei şi a frecvenţei se obţine şi creşterea continuă a tensiunii. La generatoarele de 150 Hz de tipul considerat, în repaos, tensiunea este 33% din cea nominală, la 125 Hz – 43%, iar la 100 Hz – 50%.

Utilajul şi procedeul de încercare propus pot constitui o soluţie de luat în considerare, nu numai în caz de improvizaţii, ci ca soluţie definitivă, folosind construcţii anume realizate. În acest caz trebuie luată în considerare problema pierderilor suplimentare la frecvenţă mărită. În cazul folosirii unor motoare existente, practic nu se pot micşora aceste pierderi. De altfel, problemele de randament şi chiar de încălzire sînt de importanţă redusă în cazul utilajelor de încercare. Practic s-a constatat că soluţia arătată este mai uşor de realizat şi dă rezultate bune. În condiţiile la care se referă articolul, s-au folosit motoare existente atît pentru motor, cît şi pentru generator. S-au încercat transformatoare pînă la 15 000 kVA inclusiv.

II. Încercarea motoarelor asincrone trifazate cu inele

Încercarea izolaţiei motoarelor asincrone trifazate cu inele este necesară atît în fabrica constructoare, cît şi la locul de lucru la instalare, după reparaţii etc., pentru verificarea calităţii acestor motoare. Încercarea se face la noi în ţară conform STAS 1893-50 (F-41) „Maşini electrice rotative, condiţii generale". Se încearcă izolaţia dintre înfăşurări şi masă (corpul motorului), între înfăşurări (faze diferite) şi între spire.

Metodele de încercare a izolaţiei sînt într-o anumită măsură legate de existenţa utilajului de încercare şi de greutăţile tehnologice pe care le aduce încercarea. Astfel, conform STAS 1893-50, motoarele trifazate care au scoase 6 capete ale înfăşurărilor la tablou se încearcă între faze în acelaşi mod ca la masă. La motoarele la care fazele sînt legate în interior şi la tablou apar numai 3 borne, astfel că separarea lor este complicată ; la această probă se renunţă.

Încercarea izolaţiei între spire se face cu o tensiune mărită cu 30%. Este probabil că această încercare este limitată la această tensiune relativ mică, pentru a nu fi necesară în orice caz o sursă de frecvenţă mărită. Prin analogie, în STAS 3035-52, pentru transformatoare, tensiunea de încercare este pentru anumite cazuri funcţie de puterea generatorului de frecvenţă mărită. Tendinţa este, aşa cum rezultă din recomandările internaţionale (C.E.I. Publicaţia 76 din 1955) [6], ca tensiunea de încercare între spire să se mărească, iar timpul de încercare să se micşoreze (pentru frecvenţa de 100 Hz de la 5 minute în STAS şi V.D.E. la 1 minut în C.E.I.).

După cum se vede, încercarea izolaţiei motoarelor aduce anumite complicaţii în legătură cu instalaţiile de încercare, în special atunci cînd încercarea se face la locul de montare, sau după reparaţie într-un atelier mai puţin utilat.

Metode de încercare în exploatare

Pentru a face posibilă realizarea în exploatare a unor astfel de încercări, se propun metodele descrise mai jos.

a) *Pentru încercarea izolaţiei rotorului* se alimentează statorul de obicei la tensiunea

nominală, iar rotorul se porneşte, inelele fiind legate la reostatul de pornire propriu. Rotorul se lasă să se antreneze pînă la viteza de regim, sau pînă la o viteză intermediară. (Eventual, dacă este nevoie, spre a se obţine cu fineţe mai mare o viteză dată, se antrenează întîi rotorul la o viteză mai mare, se lasă rotorul în gol şi se aşteaptă ca viteza să scadă la cea dorită). După aceea, se întrerup legăturile la inele, astfel ca rotorul să meargă în gol. În continuare, se inversează două faze la stator, astfel încît să se inverseze sensul cîmpului învîrtitor. În felul acesta, apare în rotor, care din cauza inerţiei şi fiind în gol se învîrteşte în acelaşi sens ca mai înainte, o forţă electromotoare, care conduce la tensiuni şi frecvenţe mărite. Tensiunile şi frecvenţele se pot mări pînă la aproape dublul celor normale, dar după cum am arătat pot fi şi mai mici.

b) *Pentru încercarea izolaţiei statorului* se porneşte rotorul alimentînd statorul, după care se întrerup atît legăturile de la stator, cît şi cele de la rotor. După aceea, statorul rămînînd deschis, se aplică la inelele rotorului o tensiune de alimentare de mărime convenabilă şi avînd succesiunea fazelor încît sensul cîmpului învîrtitor să fie astfel ca viteza acestuia să se adauge la viteza cu care se roteşte rotorul. În felul acesta apar în stator o frecvenţă şi o tensiune mărită.

Detectarea străpungerilor se face ca la încercările prin metodele clasice.

Avantajele sistemului propus constau în aceea că practic, în majoritatea cazurilor, nu necesită un utilaj special, îl face mai ales avantajos pentru încercările la locul de montaj sau în atelierele de reparaţii. El devine avantajos chiar în fabricile producătoare de maşini electrice, în special la unităţile mari şi de tensiune ridicată. Încercarea cu procedeul propus este, din punct de vedere real, concludentă cu privire la calităţile izolaţiei între spire şi ale izolaţiei dintre faze şi la masă (ca înlocuitor al probelor clasice, cînd acestea nu se pot face). Din punct de vedere formal, deci al corespondenţei la normele existente, procedeul corespunde pentru unele cazuri, iar pentru altele nu. Variaţia vitezei în timpul probei, şi deci şi a frecvenţei şi a tensiunii, în majoritatea cazurilor este practic lipsită de importanţă. Avînd în vedere că, aşa cum s-a arătat, însesi normele sînt făcute în legătură cu posibilităţile de încercare, se consideră că procedeul propus va putea fi introdus în STAS cu ocazia revizuirii acestuia pentru a i se putea da o aplicare mai largă.

Concluzii

Cele arătate constituie soluţii mai puţin uzuale, dar de suficientă eficacitate pentru realizarea în exploatare a unor încercări la transformatoare şi motoare electrice. Se pot realiza astfel încercări la care uneori ar fi trebuit să se renunţe, dacă nu s-ar fi admis abateri de la metodele clasice. Aceste soluţii nu sînt bazate numai pe considerente teoretice, ci în cea mai mare măsură au fost încercate cu bune rezultate.

De la caz la caz, după condiţiile locale, după utilajul existent, se pot lua în considerare şi alte variante ale celor prezentate aici. Se recomandă ca în cazul folosirii unor variante noi să se facă o analiză atentă a tuturor elementelor influenţate de schimbările aduse.

Bibliografie

[1] Acad. Gheorghiu I. S.: *Maşini electrice.* Vol. II. Maşina asincronă. Ministerul Învăţămîntului 1958.

[2] Piotrovschi L. M.: *Maşini electrice.* Traducere din limba rusă. Editura Energetică.

[3] Jerva G. K.: *Incercările industriale ale maşinilor electrice.* Traducere din limba rusă. O.P.E.D. — M.E.E. 1951.

[4] * * *: STAS 1893-50 (F-41) *Maşini electrice rotative.*

[5] * * *: STAS 3035-52. *Transformatoare trifazate în ulei.* Metode de încercare.

[6] * * *: *Recommandations de la C.E.I. pour les transformateurs de puissance.* Publication 76 (1955).

[7] Grosu St.: *Probleme în legătură cu construcţia transformatoarelor.* Din lucrarea: Probleme şi realizări electrotehnice. Editura filialei ASIT Craiova 1956.

Protecţia conductelor de transport al cărbunelui împotriva eroziunii

Ing. DAN GOLICI

Transportul cărbunelui prin conducte metalice este o problemă comună mai multor ramuri industriale, cu particularităţi pentru fiecare ramură în parte.

Prezentul articol se ocupă de transportul cărbunelui în cadrul centralelor termoelectrice şi, în mod special, de protecţia conductelor de transport împotriva eroziunii.

În centrale termoelectrice ce utilizează drept combustibil pulverizat cărbunele se produc eroziuni atît ale conductelor ce transportă cărbune granulat, cît ale celor ce transportă cărbune praf.

Aceste eroziuni sînt mai puternice în locurile de schimbare a direcţiei fluxului de cărbune, respectiv la coturi.

În unele cazuri, aceste eroziuni pot fi atît de puternice încît un cot poate fi perforat în cca. o lună şi jumătate. Acest fapt produce nesiguranţă în funcţionare, cheltuieli ridicate de întreţinere, limitări de sarcină pe perioada înlocuirii cotului, condiţii proaste de igienă şi securitatea muncii în instalaţie.

Deşi această problemă nu este nouă pentru exploatările centralelor termoelectrice, ea nu a început să devină acută decît în ultimul timp, o dată cu creşterea unităţilor agregatelor şi cu utilizarea cărbunilor inferiori. Din această cauză în literatura tehnică de specialitate nu se găsesc încă concluzii definitive asupra acestei probleme, diversele metode de protecţie propuse fiind în curs de experimentare.

Pentru a reda o imagine a importanţei acestei probleme la agregate mari, vom da drept exemplu un cazan de 230 t/h ce funcţionează cu un cărbune avînd un procent ridicat de steril dur (40—50%), la care cheltuielile anuale suplimentare de întreţinere datorate eroziunii conductelor de cărbune praf ating cca. 150 000 lei/an.

Aceste eroziuni sînt produse în mod special de sterilul cu duritate ridicată a cărbunelui.

Locurile cele mai frecvente de eroziune în circuitul cărbunelui la centrale termoelectrice sînt pe conductele de aducţiune ale cărbunelui granulat la mori şi la coturile conductelor ce transportă cărbunele praf la arzătoare.

Pentru protecţia conductelor de cărbune împotriva acestor eroziuni, s-au încercat o serie de metode, dintre care vom reda în cele ce urmează pe cele mai demne de reţinut :

1. Măsuri generale

Folosirea coturilor cu rază de curbură cît mai mare : $R \geqslant 4\,D$, unde R este raza de curbură şi D este diametrul exterior al conductei.

Folosirea, în măsura posibilităţilor, a arcelor de curbură cît mai mici (sub 90°).

Micşorarea vitezelor de transport al cărbunelui în conductă pînă la limita inferioară admisă de condiţiile de siguranţă a acestui transport.

Normele tehnice sovietice de pregătirea prafului recomandă următoarele viteze :

— de la moară la separator 18—20 m/s ;
— de la separator la ciclon 16—22 m/s ;
— în conductele de transportat praful la arzătoare 25—30 m/s.

2. Încărcarea cu sudură a coturilor

Una din cele mai simple metode încercate împotriva eroziunii conductelor de cărbune praf este încărcarea cu sudură a porţiunilor expuse unei uzuri intensive. Sudura se face cu un aliaj dur şi se aplică sub formă de cilindri lipiţi unul de celălalt şi aşezaţi perpendicular pe direcţia fluxului de cărbune.

Această metodă a dat rezultate în Uniunea Sovietică, cu electrozi de sudură marca T — 690. În felul acesta, durata de folosire a unui cot poate fi mărită de cca 2 ori în raport cu un cot simplu neîncărcat.

Metoda nu este deosebit de eficace şi este relativ costisitoare.

3. Utilizarea blindajelor uzate de la morile de cărbune

Protejarea conductelor de cărbune granulat şi, în mod special, porţiunile de intrare în morile de cărbune, se poate realiza cu blindaje uzate (plăci) de la mori. Plăcile de blindaj se fixează pe conducte, în locurile de mare uzură, cu şuruburi. Potrivirea plăcilor de blindaj pe locurile de uzură este relativ dificilă, în schimb se obţine o protecţie foarte durabilă.

În Uniunea Sovietică există asemenea protecţii în funcţiune de 3 ani şi fără a fi încă deteriorate [3].

4. Perne sau buzunare de protecţie

Această metodă se aplică la protecţia coturilor conductelor de cărbune praf şi granulat.

Principiul pe care se bazează metoda aceasta este acela de a crea pe partea exterioară curburei cotului un spaţiu închis în care, după perforarea peretelui conductei, prin eroziune, să pătrundă datorită forţei centrifuge cărbunele şi să realizeze un strat protector.

O primă aplicație a acestui principiu o constituie pernele de cărbune, create prin dublarea coturilor (fig. 1).

Aceasta se realizează prin sudura unei plăci de tablă pe partea exterioară curburei cotului, astfel ca între peretele conductei și placă să rămînă un spațiu care să fie umplut de cărbunele praf după perforarea peretelui, formînd un strat de protecție pentru placa exterioară.

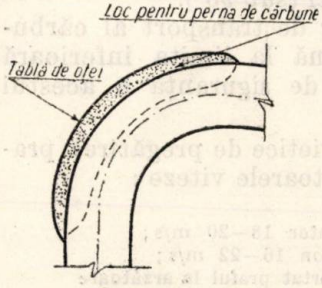


Fig. 1. Cot dublat cu pernă de cărbune.

Grosimea maximă a stratului este de cca. 100—150 mm, în funcție de diametrul conductei.

Acest mijloc de protecție se aplică la coturile conductelor de cărbune praf.

O altă aplicație a acestui principiu o constituie buzunarele de protecție (fig. 2).

De aceasta stratul protector de cărbune este realizat printr-un gen de buzunar din tablă, sudat în locul cotului.

Buzunarele se aplică ușor la diametre și arcuri de curbură relativ mici. La diametre și arcuri de curbură mari buzunarele devin prea voluminoase.

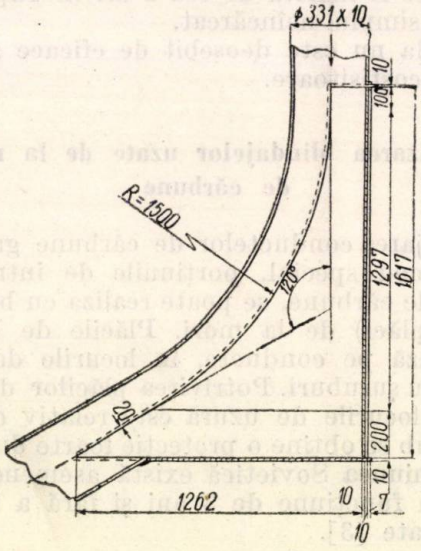


Fig. 2. Cot cu buzunar.

Acest mijloc de protecție se poate aplica în special la conductele de scurgere a cărbunelui granulat, buzunarul reținînd mult mai bine granulele de cărbune decît plăcile de dublare ale coturilor.

La aplicarea acestor metode trebuie avut în vedere ca locul formării stratului protector să nu fie supus la temperaturi apropiate de temperatura de autoaprindere a cărbunelui (la oprirea fluxului de cărbune).

Ambele metode se aplică cu succes în centralele termoelectrice din Uniunea Sovietică.

5. Conducte de bazalt

Un material foarte rezistent la eroziune este bazaltul. Conductele de bazalt se pot utiliza cu succes în transportul pneumatic sau hidraulic al cărbunelui de granulație fină sau grosieră.

Conducte de bazalt se realizează prin introducerea într-o carcasă de tablă a unei tubuluri din bazalt topit. Fixarea bazaltului pe tablă se face fie cu o tencuială de ciment, fie, de preferat, cu un liant compus din praf de bazalt, fluorosilicat de sodiu și sticlă lichidă.

Grosimea peretelui de bazalt este de obicei 20 mm pe porțiuni drepte de conductă și 25 mm la coturi [1].

În mod normal se confecționează porțiuni de conductă prefabricate ; unele porțiuni trebuie confecționate și la fața locului. Uneori, pentru ușurința montajului, se folosesc la îmbinări flanșe libere.

Greutatea conductelor de bazalt este evident mai mare decît aceea a conductelor de oțel—la același diametru nominal — ceea ce implică puncte de susținere mai rezistente și mai numeroase.

Pe de altă parte, tot la același diametru nominal, conductele de bazalt au un diametru exterior mai mare decît cele de oțel, ceea ce atrage după sine probleme de amplasare în spații de obicei foarte restrînse.

În sfîrșit, se mai poate spune că atunci cînd sînt supuse la vibrații, conductele de bazalt se fisurează și se deteriorează.

Pentru exemplificarea eficienței conductelor de bazalt se vor folosi cîteva rezultate ale experienței din R. Cehoslovacă.

Un cot de bazalt. La a 2-a expoziție industrială de la Brno a fost expus un cot de oțel ce a transportat în 2160 ore de exploatare 9720 tone cărbune praf și era complet erodat.

Înlocuit cu un cot din bazalt, acesta, după ce a transportat în 20 400 ore de exploatare 91 800 tone cărbune praf, prezenta o uzură foarte mică.

S-a apreciat o durabilitate de 8—10 ori mai mare a cotului de bazalt față de cotul de oțel [1].

Conducta de oțel Dn 150. Această conductă transportă pneumatic cărbune brun praf, la arzătoarele unui cazan de abur. Puterea calorifică inferioară a cărbunelui este de 2500—3000 kcal/kg, iar conținutul de cenușă este 25—50%. Debitul de cărbune al morii cazanului de 9 t/h este condus la arzătoare pe două conducte a cîte 4,5 t/h, transportul cărbunelui fiind cu aer de la un ventilator de 1 200 m³/min și 500 mm col. apă.

Inițial s-au folosit țevi de oțel cu grosimea peretelui de 6 mm pe porțiuni drepte și 12 mm la coturi. Temperatura fluxului de cărbune este de 50—60°C, fără variații bruște.

Din cauza eroziunii, coturile conductei trebuiau schimbate de 2—3 ori pe an și necesitau în plus o întreținere permanentă.

Conductele au fost înlocuite cu conducte de bazalt și după o funcționare de 32 luni au fost demontate pentru control. Porțiunile drepte au fost găsite intacte, iar la coturi, pe peretele exterior curbei, s-a constatat o lustruire a bazaltului, dar fără eroziune.

S-a apreciat o durabilitate a conductei de 8—10 ani [1].

Pentru a calcula economia de material, s-a stabilit că 789 kg bazalt au înlocuit 620 kg oțel-material pentru coturi.

În cele 32 luni de funcționare, fără degradarea coturilor de bazalt, știind că un cot de oțel se schimbă de 2—3 ori pe an și în 32 de luni de cca 7 ori, s-au economisit :

$$7 \times 620 = 4\,340 \text{ kg oțel.}$$

În 8—10 ani de viață apreciată pentru conductele de bazalt, coturile de oțel s-ar schimba de cca 20 ori și deci economia de oțel ar fi de 12 400 kg oțel.

Rezultă că un kg conductă de bazalt economisește 15,6 kg conductă de oțel.

Conducta de oțel-mangan Dn 180. Prin această conductă se transportă antracit de 5 100—6 000 kcal/kg, și anume un debit de 8 t/h.

Temperatura fluxului de cărbune este în general 60—80°C, cu maxime de 105°C, însă fără variații bruște.

Conductele inițiale de oțel-mangan se erodau la coturi în mai puțin de un an.

După mai bine de un an de funcționare a noilor conducte de bazalt, la revizie nu s-a constatat nici o degradare.

Viața acestor conducte a fost apreciată la 6—8 ani [1]

Tot la aceste conducte înainte de intrare în arzător s-au montat piese *T* cu fundul intersecției căptușit cu bazalt. În felul acesta s-a realizat fărîmițarea resturilor de granule nemăcinate în moară.

Făcînd calculul comparativ între conducta de oțel și conducta de bazalt asupra costului conductei plus cheltuieli de montare — demontare și întreținere, la o durată de 8 ori mai mare a conductei de bazalt, rezultă că pentru conducta de bazalt cheltuielile reprezintă cca. 18,6% din cele pentru conducta de oțel [1].

Din cele expuse rezultă o durabilitate de 6—10 ani a conductelor de bazalt, cu condiția să nu fie supuse vibrațiilor puternice și variațiilor bruște de temperatură ; în schimb, realizarea lor este relativ complicată.

6. Betonarea exterioară a coturilor

Metoda constă din aplicarea pe partea exterioară curbei coturilor a unui strat gros de beton care să preia eroziunea după ce peretele conductei a fost perforat. Prin faptul că betonul este erodat relativ greu și că stratul

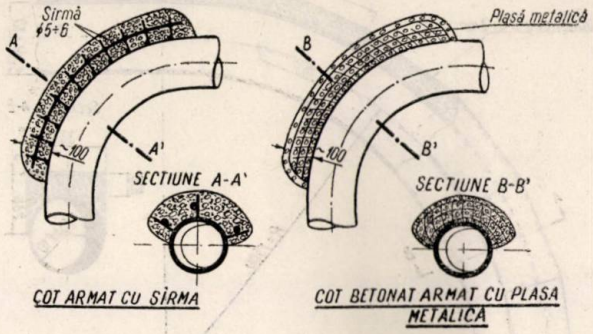


Fig. 3. Coturi protejate cu beton armat.

poate fi gros (cca. 100 mm), durata de funcționare a unui cot se prelungește de cca. 6—8 ori.

Betonarea coturilor se poate realiza în două feluri : cu beton armat și cu beton simplu în cofraj metalic fix. Acoperirea cu beton armat se realizează armînd conducta cu sîrmă de ∅ 5—6 mm sau cu plasă de sîrmă sudată electric și apoi se căptușește cu beton (fig. 3) [3].

Pentru ca betonul să nu se degradeze, armarea trebuie să fie relativ densă și foarte atent executată. În numeroase cazuri, cu armări insuficiente, betonul s-a degradat foarte repede. Din această cauză metoda devine complicată.

O a doua posibilitate de betonare (cu beton simplu) se realizează prin sudarea pe partea exterioară a curbei cotului a unui cofraj din tablă de cca 3 mm, compus din segmenți în formă de „U", care să realizeze între el și conductă un spațiu de aproximativ 100 mm (fig. 4). In spațiul creat se toarnă un beton cu următoarea compoziție :

1 parte ciment de Portland (P 500) ;
1 parte pietriș fin ;
½ parte nisip silicios [2].

Priza cimentului trebuie să se facă foarte bine, aceasta necesitînd cca 7—8 zile. După efectuarea prizei cimentului se recomandă închiderea capetelor cofrajului cu capace din tablă sudată.

Cofrajul fix protejează foarte bine stratul de beton, evitînd degradarea lui.

Se pot prefabrica coturi de rezervă, astfel ca în momentul degradării celor în funcțiune, ele să fie sudate în locul celor vechi.

Procedeul este relativ simplu, ieftin și nu necesită spații mari.

Asemenea betonări s-au realizat cu succes în Uniunea Sovietică, în Rep. Cehoslovacă și la noi în țară.

La o termocentrală din R. Cehoslovacă cu cazane de 90 t/h, 83 ata şi 500°C, asemenea betonări au rezistat peste 18 luni [2].

La noi în ţară, metoda a fost aplicată la C.T.E. Paroşeni, dotată cu cazane de 230 t/h, 100 ata,

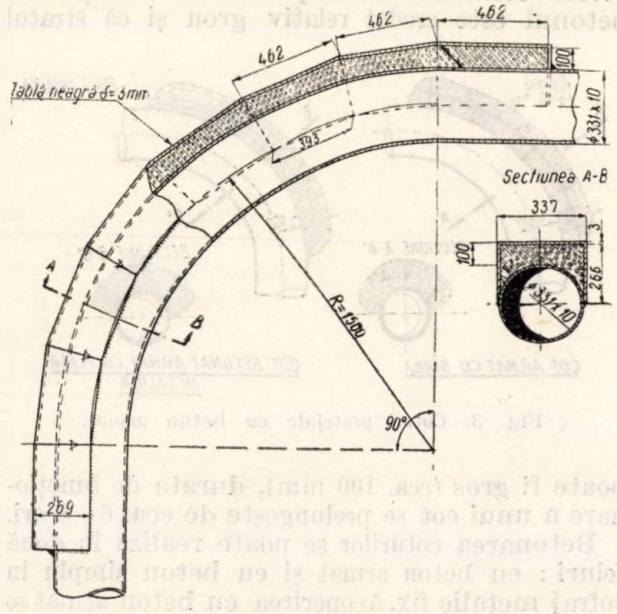


Fig. 4. Cot betonat exterior cu cofraj fix.

500°C, ce funcţionează cu mixte de cărbune din bazinul Petroşani, cu un procentaj ridicat de steril dur (40—50%).

Coturile normale de la conductele de cărbune praf ∅ 331 × 12 ale acestor cazane se erodau în cca. o lună şi jumătate pînă la 2 luni. S-a adoptat pentru protecţie metoda de betonare simplă în cofraj fix, cu o modificare în compoziţia betonului, şi anume: partea de pietriş din compoziţia dată mai sus a fost înlocuită cu ½ parte pietriş fin + ½ parte sticlă pisată.

Coturile propriu-zise s-au efectuat, pentru simplificarea execuţiei, din segmente sudate de conductă dreaptă ∅ 331 × 10, segmentele de cofraj corespunzînd segmentelor de conductă. Cofrajul a fost executat din tablă neagră de 3 mm grosime. Pentru realizarea cît mai corectă a cofrajului fix, se recomandă sudarea direct pe conductă a fiecărui segment în parte, unul după celălalt.

În felul acesta se evită nepotriviri între curbura cotului şi a cofrajului, ce ar da naştere la un strat protector inegal de gros pe lungimea cotului.

Primul cot experimental betonat este în funcţiune de peste un an de zile şi nu s-a degradat încă. După acest prim cot, metoda s-a extins şi nici coturile betonate ulterior — ce sînt în funcţiune de cca. 6 luni pînă la 1 an — nu prezintă nici un caz de degradare.

Pentru a ilustra rentabilitatea acestor metode, vom reda un calcul economic sumar aplicat la C.T.E. Paroşeni.

Costul unui cot mediu din oţel ∅ 331, inclusiv cheltuielile de material, manoperă de confecţie şi montaj, este de aproximativ 970 lei. Costul aceluiaşi cot, betonat exterior, cu cofraj fix, este de aproximativ 1 250 lei.

Cu experienţa de pînă acum se poate considera viaţa unui cot betonat de cca 14 luni, timp în care cotul de oţel s-ar fi schimbat de 7 ori.

Deci, pe perioada de 14 luni, cheltuielile în alternativa cu cot de oţel sînt: $7 \times 970 = 6790$ lei, iar cheltuielile în alternativa cu cot betonat: 1 250 lei.

Economia realizată prin introducerea soluţiei cu cotul betonat este 6 790—1 250 = 5 540 lei la un cot.

Anual, această economie este de $\frac{12}{14} \times 5\,540 = 4\,764$ lei.

C.T.E. Paroşeni, fiind înzestrată cu 3 cazane, fiecare cazan avînd 20 coturi de conductă de cărbune praf, economia pe centrală devine:

— pe perioada de 14 luni: $60 \times 5\,540 = 332\,400$ lei;

— anual: $60 \times 4\,764 = 285\,840$ lei.

La aceste economii calculate se mai adaugă şi celelalte avantaje din punct de vedere al siguranţei în exploatare, al securităţii muncii, al condiţiilor de igienă în instalaţii etc. care sînt tot aşa de importante.

Evident, rezultă că metoda betonării exterioare a coturilor este avantajoasă, ţinînd seama şi de faptul că se realizează cu mijloace simple, la îndemîna exploatărilor centralelor termoelectrice.

Concluzii

Din cele expuse rezultă că eroziunea conductelor de transport al cărbunelui din centralele termoelectrice reprezintă o problemă importantă, în special la agregatele mari de cazane, şi că eforturile depuse pentru înlăturarea ei sînt justificate de economii apreciabile.

Metodele de protecţie utilizate pînă în prezent sînt numeroase, cu eficienţe relative. În stadiul actual, nu se poate trage încă o concluzie definitivă, neexistînd pentru moment metode care să rezolve complet problema eroziunii.

Cu toate acestea, din experimentările efectuate pînă în prezent, se pot recomanda conductele de bazalt şi betonările exterioare.

Conductele de bazalt au o durabilitate mai mare, în schimb se realizează relativ complicat şi necesită anumite condiţii de spaţiu, temperatură şi vibraţii.

Betonările exterioare au o durabilitate relativ mai mică, în schimb se realizează cu mijloace simple şi ieftine, la îndemîna exploatărilor.

Fiind foarte simplă, trebuie menţionată şi metoda autoprotecţiei prin buzunare şi perne de cărbune; aceasta este însă aplicabilă numai atunci cînd nu există condiţii de autoaprindere.

În concluzie, se poate spune că dintre metodele expuse se alege cea convenabilă de la caz la caz, în funcţie de cărbunele transportat, de instalaţia existentă şi de mijloacele disponibile de execuţie.

Bibliografie

[1] Zahradnicek I. şi Vavrecka O.: *Conducte de bazalt pentru transportul cărbunelui în centrale electrice*, Energetika Nr. 8, Praga 1957.

[2] Polasek K.: *Betonarea conductelor de cărbune praf.* Energetika, nr. 8, Praga 1957.

[3] * * *: Informaţii tehnice MOSENERGO, Nr. 335, Moskova, 1958.

[4] Mayer E.: *Studii asupra erodării conductelor.* Essen, 1952.

Echipament de curenţi purtători pentru legături telefonice utilizînd conductoarele liniilor de înaltă tensiune

Ing. VALENTIN VLĂDEANU şi VASILE BUDAŞCĂ

Extinderea sistemelor energetice din ţara noastră pune probleme din ce în ce mai complicate în ceea ce priveşte asigurarea legăturilor telefonice dintre staţiile de conexiuni şi transformare. Întrucît legăturile telefonice efectuate cu linii telefonice separate sau prin închirierea circuitelor telefonice de la Departamentul Poştelor şi Telecomunicaţiilor sînt costisitoare, soluţia tehnică în acest domeniu constă în utilizarea pe scară largă a legăturilor telefonice prin curenţi purtători folosind înseşi conductoarele liniilor de înaltă tensiune.

Această soluţie are două avantaje:

— datorită robusteţei liniilor de înaltă tensiune (110 kV), legătura prezintă, din punct de vedere mecanic, o siguranţă mărită;

— legătura telefonică prin curenţi purtători, pe o lungime de peste 30 km, este mai economică atît ca investiţii cît şi ca întreţinere în raport cu o linie separată de tip telefonic.

Faţă de greutăţile de procurare a aparatajului sus-indicat, s-a trecut, în cadrul sectorului de raţionalizări energetice, la confecţionarea acestuia cu resurse indigene.

În acest sens, s-a reuşit realizarea în ţară a unui echipament de telefonie prin curenţi purtători şi care şi-a început funcţionarea la finele lunii aprilie 1959. Pînă în prezent, echipamentul se comportă bine.

Echipamentul a fost de tipul celor două benzi laterale: putere emiţător 10 W (nemodulat); sensibilitate receptor 3N; distanţă între frecvenţele purtătoare 10 kHz.

Pentru a asigura robusteţea în funcţionare s-a simplificat la maximum posibil sistemul de apel prin reducerea numărului de posturi. S-a renunţat astfel la centrala automată cu selector, iar selecţia apelului s-a asigurat prin semnale de joasă frecvenţă, fiecărui post corespunzîndu-i o anumită frecvenţă.

Pentru a crea condiţii mai uşoare planului de frecvenţe, echipamentul este prevăzut a funcţiona cu frecvenţe fixe, ceea ce într-o primă soluţie nu permite decît legături telefonice în sistem radial (în cazul cînd pe aceleaşi frecvenţe funcţionează mai mult de două posturi dulapuri). În prezent se lucrează la perfecţionarea aparatajului, aşa încît să permită orice legătură între cele trei posturi de înaltă frecvenţă. Cu excepţia frecvenţelor şi a unei mici părţi din automatică, dulapurile de înaltă frecvenţă ale echipamentului sînt identice.

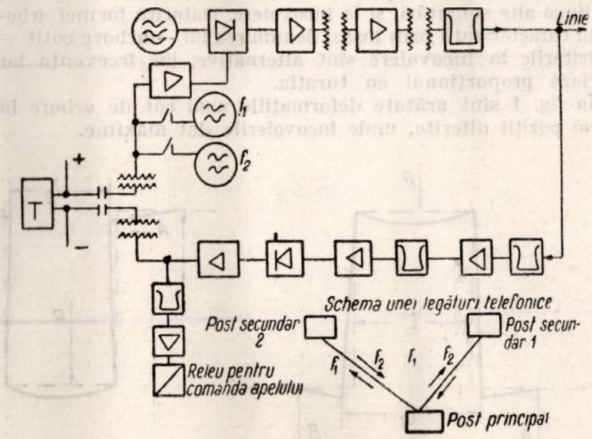


Fig. 1.

Semnalul de frecvenţă f_1 al postului opus este adus prin cablul de *I.F.* la filtrul receptorului care realizează o atenuare de — 8,5 N, în afara benzii $f_1 \pm 6$ kHz. Receptorul, original ca schemă de principiu, are două etaje de înaltă frecvenţă, o dublă diodă pentru detecţie şi C A V şi două etaje de joasă frecvenţă. Cuplajul între primele etaje este făcut printr-un filtru de bandă, care împreună cu cel de intrare

elimină posibilitatea închiderii unui lanț de reacție între receptorul și emițătorul aceluiași dulap. Etajul final, pentru asigurarea liniarității și din motive economice, este un repetor catodic care adaptează receptorul la transformatorul diferențial. Emițătorul, constituit dintr-un oscilator în trei puncte, modulator, etaj amplificator și etaj de putere, furnizează o putere nemodulată de circa 10 W, suficientă pentru acoperirea pierderilor din linia I. T. pe o distanță de 150—200 km. Ieșirea în linie se face printr-un transformator de adaptare și un filtru de îngustare a benzii.

Automatica este concepută astfel încît să poată îndeplini următoarele funcțiuni :

a. apelarea posturilor între ele;

b. contraapelarea;

c. aplicarea tensiunii pe emițător numai în timpul convorbirii;

d. semnalizarea dispariției tenisunii anodice. Apelarea se face în „sistemul tonal", fiecare post avînd un releu de apel montat într-un circuit selectiv acordat pe o frecvență audio proprie (alimentarea fiecărui dulap se face de la rețeaua de 220 V).

Tensiunea continuă necesară pentru alimentarea anodică este dată de două redresoare electronice — unul pentru emițător și altul pentru receptor — iar tensiunile necesare pentru negativare și automatică sînt date de redresoare cu semiconductoare.

Metodă practică nouă pentru măsurarea denivelării arborelui cotit la motoarele Diesel mari

Ing. I. FLORESCU

Se cunoaște din practică și literatură că arborele cotit (vilbrochenul) este supus în timpul funcționării motorului, pe lîngă alte solicitări, și la încovoiere. Datorită formei arborelui caracterizată prin însăși denumirea lui — arbore cotit — solicitările la încovoiere sînt alternative, iar frecvența lor variază proporțional cu turația.

În fig. 1 sînt arătate deformațiile unui cot de arbore în două poziții diferite, unde încovoierile sînt maxime.

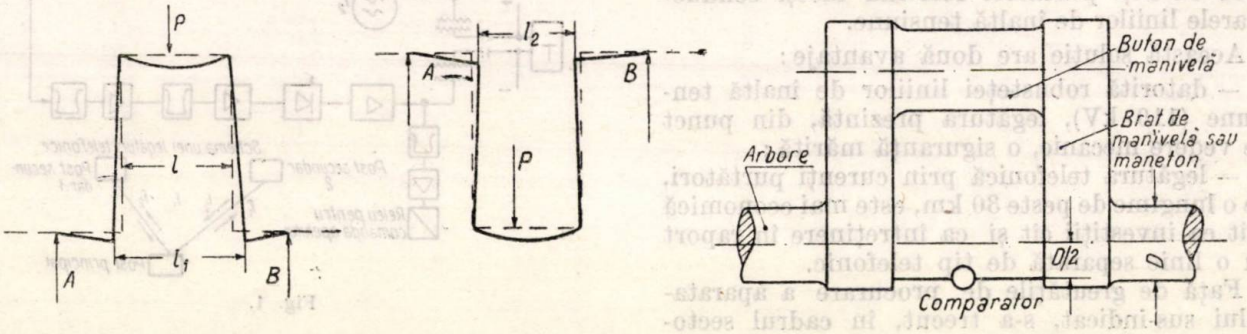


Fig. 1.

S-au modificat tijele comparatorului la care s-au ascuțit vîrfurile conform schiței.

Înainte de ascuțire, una din tije avea fixare printr-un disc cu trei brațe care necesita o dexteritate la centrare.

Operația de montare-centrare se execută acum foarte rapid de către orice lucrător cu toate inconvenientele spațiului mic din interiorul carterului.

Cu ocazia măsurării denivelării arborelor cotite la motoarele Diesel de la Filaret, s-au introdus două chestiuni noi și anume :

1) S-au aplicat chernere cu un punctator pe suprafețele brațelor de maneton în punctele unde se montează comparatorul. Înainte de punctare, existau cercuri cu diametrul de 30 mm, iar fixarea tijelor comparătorului în centrul cercului era anevoioasă, nesigură și susceptibilă de erori.

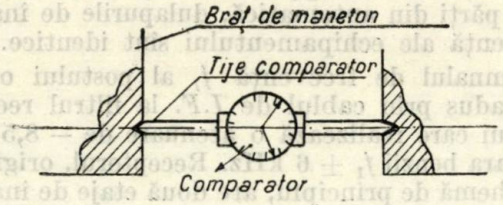


Fig. 2.

2) Citirea valorilor maxime indicate de comparator în timpul unei rotații de 360° a arborelui, independent de poziția arborelui.

Metoda veche prevedea :

— așezarea arborelui cu butonul de manivelă (cotul) la punctul mort superior (exterior);

— montarea comparatorului și reglarea cadranului ca acul indicator să fie la poziția 0;

— învîrtirea arborelui cu 180° în așa fel ca butonul să ajungă la punctul mort inferior (interior);

— citirea comparatorului — valoarea 1.

Cifra măsurată se compară cu valorile indicate de diagrama valorilor admisibile.

După această metodă înseamnă că valoarea maximă *1* este între punctul mort superior și inferior, dar acest lucru nu este real în practică, deoarece dacă se citește (urmărește) permanent comparatorul în timpul unei rotații de 360°, variațiile maxime ale lui *1* sînt în puncte diferite și foarte rar la punctul mort superior-inferior.

Luîndu-se în considerare aceasta s-a introdus următoarea metodă:

— se montează comparatorul între manetoane indiferent de poziția arborelui;

— se reglează cadranul ca acul indicator să fie la poziția zero; din tijele comparatorului se dă o tensiune inițială resortului acului comparatorului în așa fel încît să se poată deplasa în ambele părți (dreapta-stînga sau spre plus-minus);

— se învirtește arborele cu 360° și în permanență se urmărește cadranul comparatorului; acul va indica un maxim spre plus (dreapta) va reveni prin zero și în continuare va indica un maxim spre minus (stînga), iar la terminarea turei (360°) va reveni la zero.

Suma aritmetică a celor două maxime reprezintă valoarea *1*.

De remarcat că foarte rar indicația maximă corespunde cu poziția cînd butonul de manivelă se găsește la un punct mort superior sau inferior.

Astfel măsurat, valoarea *1* reprezintă deformația maximă a arborelui la motorul respectiv.

Un exemplu de măsurătoare la un motor Diesel cu zece cilindri:

Cilindru	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Maxim dreapta	+6	+7	+1	+4	+2	+3	+7	+4	+4	+4
Maxim stînga	−3	−1	−4	−11	−7	−1	−3	−2	−3	−4
1	9	8	5	15	9	4	10	6	7	8

Valorile lui *1* sînt în sutimi de milimetru.

Această metodă se poate aplica și atunci cînd pe arbore sînt montate bielele și pistoanele. În acest caz se așază arborele cu pistonul puțin trecut de punctul mort inferior, în așa fel, încît tijele comparatorului să fie în imediata apropiere a bielei, iar rotația arborelui se oprește puțin înainte de atingerea tijelor comparatorului de bielă.

Termoficarea — factor important în dezvoltarea energeticii în U.R.S.S. în perioada 1959—1965

Ing. GH. COLȚ

În noile condiții ale dezvoltării energeticii, termoficarea în U.R.S.S. își găsește justificarea și oportunitatea pe scară din ce în ce mai mare. Dezvoltarea extracției de gaze naturale și folosirea acestora în energetică nici pe departe nu apare ca un element înlocuitor pentru termoficare. Gazele naturale și termoficarea au prima menire, în timpul cel mai apropiat, să înlocuiască complet folosirea lemnelor drept combustibil și să facă posibilă utilizarea cărbunilor și petrolului în alte ramuri ale economiei naționale, unde se simte mare nevoie. Dezvoltarea consumatorilor de căldură — industria și orașele — în primul plan septenal de dezvoltare a economiei U.R.S.S. cunoaște un asemenea ritm, încît trebuie depuse eforturi deosebite pentru a asigura în condiții optime alimentarea cu energie. Tocmai pentru a se ajunge la soluții economice, pe ansamblul problemelor economiei naționale, în U.R.S.S. astăzi problema alimentării cu energie se tratează sub aspect complex: *electrificare*, *termoficare* și *gazificare*. Acest lucru se analizează în întregime pentru complexe mari, pe zone, raioane, regiuni sau mari centre industriale cu orașele respective anexe.

Avînd drept teză cele spuse mai sus, termoficatorii sovietici, în consfătuirea unională a Asociației Centrale Tehnico-Științifice a Industriei Energetice — Secția de termoficare, care a avut loc la Leningrad între 25—27 noiembrie 1959, au analizat cele mai importante și urgente probleme ale termoficării în U.R.S.S. Această consfătuire a avut loc și cu ocazia aniversării a 35 ani de la introducerea termoficării în Leningrad.

Astfel s-a discutat despre dezvoltarea termoficării în U.R.S.S. în perioada 1959—1965, economicitatea și problemele tehnice ale termoficării, precum și o serie de probleme concrete.

În anul 1960 în planul asociației este inclusă o consfătuire a Secției de termoficare în care se vor analiza schemele complexe de alimentare cu căldură în noile condiții ale dezvoltării energeticii.

Prof. Lev Aleksandrovici Melentiev, doctor în științe economice, în cuvîntarea sa a subliniat giganticii pași pe care-i face termoficarea în U.R.S.S. în viitorul apropiat. În 1958 căldura livrată de CET a fost de 225. 10^6 Gcal, iar puterea CET a fost de 1/3 din puterea tuturor CTE de 13,5 $\cdot 10^6$ kW. Coeficientul de alimentare cu căldură în mod centralizat a industriei a fost de 50%, iar a fondului de locuințe și de gospodărie comunală de 25—30% În anul 1958 producerea combinată de energie electrică pe bază de consum de căldură a dat țării o economie de cca. 18 mil. tone combustibil convențional. În anul 1965 CET ale U.R.S.S. vor livra o cantitate de căldură de cca. 485—500 10^6 Gcal, din care 75—80 mil. Gcal pentru fondul de locuințe și gospodăria comunală, față de 20.10^6 Gcal cît s-a livrat în 1958 (fig. 1 *a*, *b*). Puterea electrică a CET va crește de 2,3 ori față de anul 1958, adică va ajunge la 32.10^6 kW. Asemenea dezvoltare a termoficării va face posibilă reducerea substanțială

a creşterii numărului centralelor termice industriale şi locale pentru locuinţe sau de cvartal.

Prof. L. A. Melentiev consideră greşită tendinţa de a dezvolta termoficarea numai în

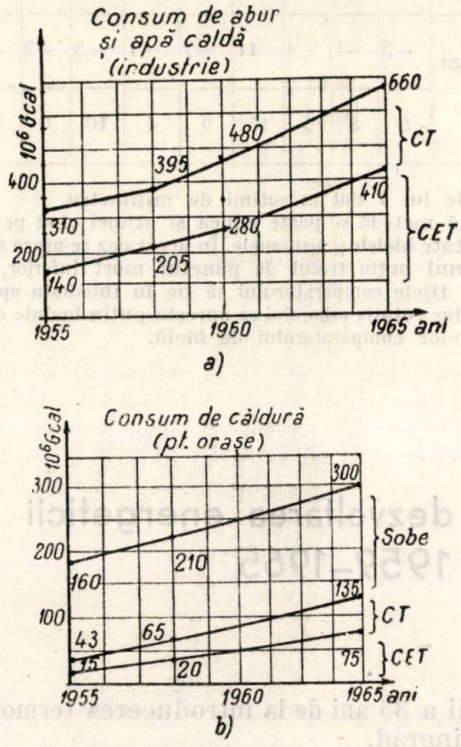


Fig. 1.

cartierele şi oraşele noi. Aceasta trebuie să cuprindă pe scară din ce în ce mai mare şi clădirile existente.

Din calcule rezultă că şi pe viitor chiar pînă în 1975 termoficarea va rămîne ca una din direcţiile principale de dezvoltare a energeticii în U.R.S.S.

Măsurile de bază ce vor trebui să fie luate în scopul măririi eficacităţii termoficării sînt:

1. Lichidarea rămînerii în urmă a construcţiei reţelelor termice;

2. Încărcarea la maxim a CET pe partea de căldură în scopul producerii unei cantităţi maxime de energie electrică pe bază de consum de căldură;

3. Mărirea puterii unitare a CET, dezvoltarea raţională a CET mici şi folosirea largă a ciclului abur-gaz;

4. Folosirea pe scară mare la CET a turbinelor cu contra-presiune;

5. Dezvoltarea la maxim a livrării centralizate de căldură de la CTE mari.

S-a constatat că acolo unde sarcina termică are caracter urban coeficientul de contrapresiune (raportul puterii turbinei cu contrapresiune supra puterea totală a turbinelor de termoficare) este de 10%, iar pentru întreprinderi industriale este mult mai mare. Problema instalării, printre altele, a turbinei cu contrapresiune se pune începînd chiar de la sarcina termică de 15—30 Gcal/h pentru industrii şi 30—50 Gcal/h pentru oraşe.

Folosirea prizelor nereglabile la turbinele de pură condensaţie de mare putere permite în foarte multe cazuri să se rezolve problema în modul cel mai economic: se construieşte o CTE de 1000—1200 kW cu turbine cu condensaţie care pot livra cca. 300 Gcal/h. Dacă se instalează şi cazane de vîrf, sarcina termică a unui raion de 600 Gcal/h se acoperă, în condiţiile cele mai optime, atît în ce priveşte consumul de combustibil la CTE cît şi investiţiile. Este adevărat că în aceste cazuri distanţa de la CTE la consumator, de regulă, este mare. Calculele, chiar ale celor mai pesimişti specialişti, au arătat că distanţa economică de transport de căldură este peste 4 km şi încă la sarcină termică redusă.

În calculele tehnico-economice, cînd se stabileşte eficacitatea termoficării unui obiectiv, după părerea prof. Melentiev, combustibilul economisit trebuie să fie calculat la preţul celui mai scump şi deficitar combustibil folosit în regiunea respectivă. În ce priveşte coeficientul de termoficare, este de părere că, dat fiind faptul că se construiesc cazane mari de vîrf, amplasate într-un singur loc (la consumator sau la CET), acesta trebuie să aibă valoarea cca. 0,5.

La consfătuire a participat şi reprezentantul Gosplanului, I. I. Tatarinov, care a subliniat importanţa termoficării în planurile de perspectivă a dezvoltării energeticii U.R.S.S. Rămînerea în urmă a construcţiei reţelelor termice nu se datoreşte în nici un caz faptului că acestea nu ar fi economice, ci într-o însemnată măsură faptului că nu se pot asigura în cantitate suficientă ţevile necesare.

Prof. Serghei Fedotovici Kopev, doctor în ştiinţe tehnice, a tratat la această consfătuire problema analizei eficacităţii termoficării în U.R.S.S.

În curînd, a afirmat dînsul, va apărea o lucrare „Metoda de calcul tehnico-economic pentru alegerea sistemului de alimentare cu căldură", întocmită de Inst. Energetic al Academiei de Ştiinţe a U.R.S.S. (ENIN), Comisia Tehnico-Ştiinţifică de Stat (GHTK) şi Comitetul de Stat al Planificării (Gosplan) al U.R.S.S. La baza acestei metode de calcul stă principiul duratei de recuperare a investiţiilor suplimentare sau principiul cheltuielilor anuale minime.

Durata de recuperare în energetică, după discuţii îndelungate între diferite organe de stat, este considerată de maximum 8 ani, iar în formule se introduce sub formă de „coeficient de recuperare" egal cu 0,125.

În calculele tehnico-economice, cheltuielile de investiţii pentru CET, CTE şi CT trebuie introduse cu un coeficient n care ţine seama de durata de execuţie, pînă la intrarea completă în funcţiune, adică pînă la utilizarea la maxi-

mum a întregii investiții. Influența termenului de construcție se calculează după metoda progresivă, în funcție de coeficientul de recuperare considerat. De exemplu, dacă instalația intră în funcție după un an $n = 1{,}125$, după 2 ani $n = 1{,}26$, după 5 ani $n = 1{,}80$ etc.

Folosind această metodă, s-au făcut calcule pentru a se stabili zona în care termoficarea este avantajoasă în diferite condiții inițiale (fig. 2).

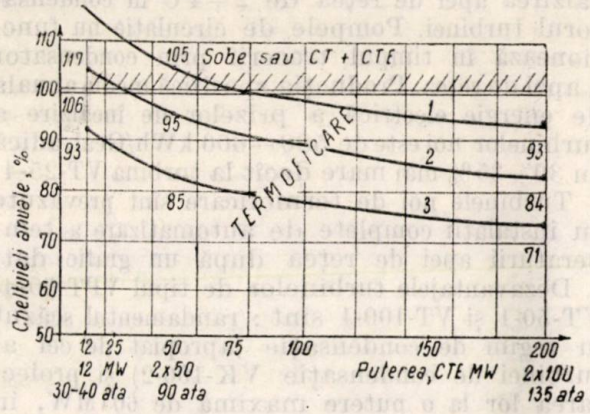


Fig. 2. Graficul este trasat în condiția coeficientului de termoficare $\alpha = 0{,}5$.

1 — cărbune, 180 rub/t.c.c; *2* — cărbune Donbass; *3* — gaz la CET și la CT raională, iar la CTE cărbune Donbass.

O dată cu dezvoltarea extracției și a folosirii gazelor naturale pe scară din ce în ce mai mare, se minimalizează calitatea de vol nt ce o au unii consumatori, de exemplu întreprinderile industriale și centralele electrice, întrucît procentul de participare a gazelor naturale în balanța de combustibil este tot mai mare. În această nouă situație, pentru dimensionarea economică a instalării de gaze, apare mai necesar decît cu cîțiva ani în urmă construirea altor mijloace de alimentare cu combustibil în perioada de vîrf. Acestea sînt instalațiile de alimentare cu păcură care scumpesc cu 25—30% instalația de alimentare cu combustibil.

Din cele de mai sus rezultă că dezvoltarea folosirii gazelor naturale, într-o măsură oarecare, reprezintă și un dezavantaj al gazeificării, de care trebuie să se țină seama în calculele tehnico-economice. Corecția în calculele tehnico-economice trebuie să se introducă în funcție de numărul real de ore de utilizare a instalației respective într-un an.

Prof. Efim Iakovlevici Sokolov, doctor în științe tehnice, a tratat cîteva probleme tehnice ale termoficării.

Pentru a se ilustra avantajul termoficării față de producerea separată de energie, din punct de vedere numai al consumurilor specifice de combustibil la centralele electrice, se dă tabela următoare, în care sînt trecute cele mai economice CET și CTE.

Din tabela 1 rezultă că cele mai economice centrale de termoficare au avut un consum specific de combustibil (netto) în anul 1958 cu 130—170 gr. comb. conv./kWh mai redus decît CTE (cu condensație). Comparația se face între centralele electrice de înaltă presiune.

În acest cincinal consumul specific de combustibil la CTE de înaltă și supraînaltă presiune va scădea pînă la 350—325 gr. comb. conv/kWh, iar la cele mai economice CET pînă la 220—200 gr. comb. conv./kWh.

La ora actuală, una dintre cauzele care minimalizează efectul termoficării este neîncărcarea suficientă a prizelor de termoficare ale turbinelor. Cauza acestei lipse este întîrzierea construcției, în cantități și puteri suficiente a cazanelor de vîrf, precum și pregătirea cu întîrziere pentru racordare a unor consumatori de căldură.

Folosirea turbinelor cu contrapresiune pentru sarcina termică cu peste 5000—6000 ore pe m și coborîrea presiunii prizelor de termoficare asigură într-o însemnată măsură mărirea economicității CET. Ridicarea parametrilor inițiali la CET de la 90 ata și 535°C la 130 ata și 565°C și folosirea încălzirii apei de rețea în două trepte măresc cantitatea de energie electrică produsă în regim de termoficare cu 35%, iar trecerea la parametrii aburului la CET la 240 ata și 580°C cu supraîncălzire intermediară dă o creștere de încă 25%. Mărindu-se parametrii inițiali la CET, se reduc în același timp și cheltuielile de investiție pentru crearea bazei de energie electrică.

Tabela 1

Centrale termoelectrice (cu condensație)	gr. comb. conv. / kWh	Centrale de termoficare	gr. comb. conv. / kWh.
Pridneprovskaia	412	Ufimskaia Nr. 3	240
Serovskaia	424	Novo-Kuibîșevskaia	255
Verhne-Taghilskaia	425	Nr. 20 Mosenergo	292
Iujno-Kuzbaskaia	427	Ufimskaia Nr. 4	291
Luganskaia	438	Nr. 12 Mosenergo	301
Iujno-Uralskaia	437	Nr. 16 Mosenergo	316
Nije-Turinskaia	447	Nr. 2 Leningradskaia	322
Mironovskaia	450	Salavatskaia	325
Klavianskaia	454	Nr. 9 Mosenergo	329
Nr. 18 Mosenergo	460	Orskaia înalt. pres.	329
Nr. 19 Mosenergo	397		

În regiunile unde se găsesc gaze naturale, este indicat ca paralel cu turbinele de aburi la CET să se instaleze și turbine cu gaze cu o temperatură inițială de 800°C, ai căror indici tehnico-economici sînt comparabili cu indicii turbinelor de termoficare cu abur de mare putere și la parametrii înalți, necesitînd însă investiții inițiale mai reduse. Pentru alimentarea cu energie a întreprinderilor industriale care nu se găsesc în zona de acțiune a marilor CET, trebuie construite tipuri îmbunătățite de turbine de 25—6MW la parametrii înalți, cu 3—4

prize reglabile industriale și urbane. Acest lucru va permite să se mărească puterea agregatelor și economicitatea CET industriale mici și mijlocii.

La faza actuală de dezvoltare, termoficarea poate deveni mult mai rentabilă dacă se iau unele măsuri concrete, ca de exemplu :

— să se asigure temperatura apei de rețea în sistem fără să necesite creșterea debitului. La consumator în acest scop se vor instala regulatoare de debit. ;

— să se analizeze și să se introducă metoda degazării la rece a apei de rețea, pentru a se simplifica schema termică la CET ;

— să se simplifice și să se normalizeze echipamentul la abonat, să se renunțe la compensatorul-lentilă la preîncălzitorul apei de rețea la abonat și să se construiască preîncălzitoare complet sudate ;

— să se înlăture locurile dificile, care corodează repede, prin executarea lor din elemente de fontă și executarea conductelor de alimentare cu apă caldă din țevi zincate ;

— să se construiască în anumite cazuri sisteme cu o singură conductă, îndeosebi la sisteme cu distanță mare de transport ;

— să se construiască CET pe gaze ;

— să se racordeze la rețeaua de termoficare tot fondul construit din zona de cuprindere a rețelei termice ;

— să se îmbunătățească și ieftinească elementele constructive ale rețelelor termice prin : folosirea betonului celular autoclavizat, industrializarea și mecanizarea construcției, folosirea căminelor din elemente prefabricate, amplasarea direct în tranșee și izolarea conductelor cu materiale care se lipesc de țevi (ghilsuleit și alte smoale), neizolarea în anumite cazuri a conductei de întoarcere, reducerea grosimii pereților conductelor cu 2—3 mm, aplicînd în același timp un strat interior anticoroziv, introducerea în sistemele de termoficare a conductelor nemetalice și altele.

Prof. B. P. Taranov, doctor în științe tehnice, a vorbit despre noile tipuri de turbine de termoficare.

Unele dintre succesele constructorilor de turbine sovietici, în domeniul îmbunătățirii tipurilor de turbine de termoficare, este coborîrea prizei de termoficare urbană sub 1 ata. Efectul economic al reducerii presiunii prizei reglabile de la 1,2 ata la 0,7 ata este egal cu cel al trecerii de la parametrii inițiali ai aburului viu 90 ata și 500°C la 110 ata și 520°C. Reducerea presiunii prizei reglabile de la 1,2 ata la 0,3—0,7 ata și folosirea încălzirii apei de rețea în două trepte dă același efect economic ca trecerea de la 90 ata și 500°C la 130 ata și 565°C.

În planul actual se marchează o nouă etapă în construcția de turbine de termoficare. Sînt construite și instalate turbinele de tipul VPT-50-2 și VPT-50-3 la care presiunea prizei de încălzire este reglabilă între 2,5—0,7 ata. Se găsesc în construcție în uzine turbine de tipul VPT-50-4, VT-50-1 și VT-100-1, care vor funcționa la parametrii aburului viu 130 ata și 565°C. Presiunea medie a prizei reglabile industriale a turbinei VPT-50-4 este de 7 ata. Toate aceste turbine au priza reglabilă de termoficare urbană la 0,5—2,5 ata, încălzirea apei de rețea în două trepte, precum și preîncălzirea apei de rețea de 2—4°C în condensatorul turbinei. Pompele de circulație nu funcționează în timpul trecerii prin condensator a apei de rețea. Producția specifică medie anuală de energie electrică a prizelor de încălzire a turbinelor noi este de 580—600 kWh/Gcal, adică cu 30—35% mai mare decît la turbina VT-25-4.

Turbinele noi de termoficare sînt prevăzute cu instalații complete de automatizare a temperaturii apei de rețea după un grafic dat.

Dezavantajele turbinelor de tipul VPT-50-4, VT-50-1 și VT-100-1 sînt : randamentul scăzut în regim de condensație (apropiat de cel al turbinei de condensație VK-100-2) și proiectarea lor la o putere maximă de 60 MW, în timp ce regimul de condensație asigură numai 50 MW din condițiile de capacitate a corpului de înaltă presiune.

S-a constatat că obiectivele consumatoare de căldură ale U.R.S.S. în multe cazuri sînt așa de mari încît necesită CET cu 10—15 turbine de tipul VPT-50-3. Legat de acest lucru, se pune problema construirii de turbine cu 2 prize reglabile sau cu contrapresiune de puteri între 100—300 MW, precum și turbine cu priză reglabilă de încălzire de 150—200 MW. Pentru asemenea turbine sînt necesare calcule pentru a se stabili parametrii și caracteristicile acestora. Trecerea la 240 ata și 580°C ca primă treaptă, care pare a fi cea mai avantajoasă pentru turbinele de termoficare, din analize termodinamice rezultă că mărește eficacitatea prizei de încălzire cu 30% și a celor industriale cu 42% față de cele ale turbinei de termoficare la parametrii aburului viu de 90 ata și 560°C.

Pakșver V.B., candidat în științe tehnice, a analizat paralel dezvoltarea termoficării în U.R.S.S. și în țările occidentale și S.U.A. A subliniat faptul că există în Occident succese remarcabile în domeniul termoficării, mai cu seamă în R.F.G. și Danemarca. În domeniul construcției de turbine în S.U.A. s-a realizat cea mai mare turbină de termoficare din lume de 225 MW. Termoficarea sovietică însă se dezvoltă pe un front foarte larg, fără vîrfuri senzaționale, căutînd să dea termoficării cea mai avantajoasă rezolvare în interdependență cu toate ramurile economiei naționale.

Pe marginea celor 4 referate prezentate au participat la discuții 16 termoficatori sovietici care s-au declarat în general de acord

cu liniile trasate în problema termoficării în U.R.S.S. de către cei mai cunoscuți și competenți specialiști.

S-au ridicat o serie de probleme în cadrul discuțiilor. Prof. Rossievski a fost de părere că în calculele tehnico-economice prețul combustibilului economisit trebuie să se calculeze la cel mediu ponderat pentru toate tipurile de combustibil din țară sau din regiunea respectivă.

Prof. Iakimov L.K., doctor în științe tehnice, a demonstrat economia care s-ar obține din trecerea la construcția rețelelor termice cu o singură conductă, izolată cu „turbă asfaltată", îngropată direct în tranșee.

Candidatul în științe tehnice Lanin I.S., inginer-șef al Secției rețele termice din Leningrad, comunică conferinței că la Leningrad se trece la termoficarea masivă a raioanelor pe unde trec rețelele termice. Vor fi termoficate chiar și acele clădiri care peste 5-10 ani vor fi distruse în urma reconstruirii orașului, întrucît investițiile se recuperează în perioade mult mai scurte.

În a doua parte a consfătuirii s-au discutat cîteva probleme concrete de dezvoltare a termoficării în orașele Moscova, Leningrad și Novosibirsk. Din expunerea tov. Cingreev V.A., directorul Intreprinderii de rețele termice Mosenergo, a rezultat că în Moscova sînt termoficate peste 6800 de clădiri și întreprinderi industriale. Prima problemă ce se pune în viitorii 5—7 ani este extinderea CET din Moscova și construirea cîtorva CET noi, astfel ca la sfîrșitul primului septenal Moscova să primească de la CET peste 9600 Gcal/h. Numai în anul 1959 s-au construit peste 60 km rețele termice și s-au racordat peste 1000 de clădiri cu o sarcină termică de cca. 500 Gcal/h.

Tov. Ozornoi de la TEP Leningrad de asemenea a subliniat că între anii 1959—1965 capacitatea de căldură a CET va crește de la 1078 Gcal/h la 4617 Gcal/h în special pe baza extinderii CET existente.

În fig. 3 se dă diagrama care arată dezvoltarea termoficării în orașul Leningrad în unități comparative cu anul 1957.

La consfătuire s-au discutat și unele aspecte ale termoficării din alte orașe, cum a fost de exemplu orașul Novosibirsk. Se constată că chiar în condițiile climatice excelent de favorabile termoficării orașelor siberiene nu se folosesc la maximum avantajele sistemului combinat de producere de căldură și energie electrică. Și aici, ca și în orașele centrale, se simte nevoia de mai multe țevi și echipamente pentru rețele termice.

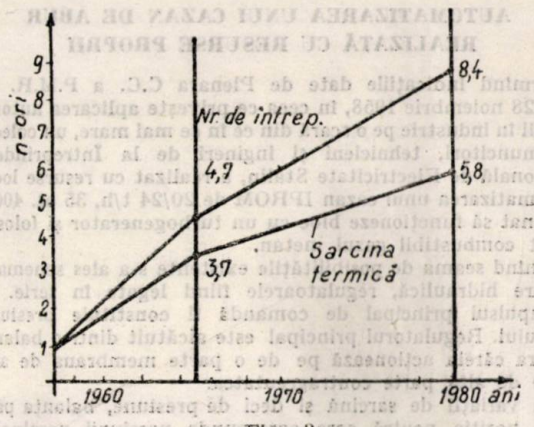


Fig. 3.

Cu ocazia termoficării orașului Novosibirsk s-au rezolvat probleme deosebit de dificile. Astfel s-a traversat rîul Obi cu o conductă de 700 mm diametru pe sub un pod lung de 1 km. Compensarea dilatațiilor termice s-a făcut cu compensatoare cu presetupă.

Este de marcat că în ultima vreme organele superioare de stat, inclusiv GOSPLAN-ul, dau o atenție deosebită termoficării. În aproape toate hotărîrile Consiliului de Miniștri unde se vorbește de energetică, termoficarea ocupă un loc important.

Asociația Tehnică Științifică, Secția de Termoficare, depune eforturi însemnate pentru a obține pentru economia națională avantaje maxime din termoficare. La acțiunile întreprinse de secție, răspund mase întregi de specialiști. De exemplu, numai la consfătuirea de care se vorbește în această expunere au participat în calitate de delegați 256 de termoficatori din 42 de orașe ale U.R.S.S., dintre care: 9 profesori-doctori în științe și 15 candidați în științe.

Vîrsta medie a participanților a fost de 47 ani.

În perioada imediat următoare se prevede să se întocmească un plan concret de termoficare pe 7 ani care să fie inclus în planul energetic septenal.

AUTOMATIZAREA UNUI CAZAN DE ABUR REALIZATĂ CU RESURSE PROPRII

Urmînd indicaţiile date de Plenara C.C. a P.M.R. din 26—28 noiembrie 1958, în ceea ce priveşte aplicarea automatizării în industrie pe o scară din ce în ce mai mare, un colectiv de muncitori, tehnicieni şi ingineri de la Întreprinderea Regională de Electricitate Stalin, a realizat cu resurse locale automatizarea unui cazan IPROM de 20/24 t/h, 35 at. 400°C, destinat să funcţioneze bloc cu un turbogenerator şi folosind drept combustibil gazul metan.

Ţinînd seama de posibilităţile existente s-a ales schema de reglare hidraulică, regulatoarele fiind legate în serie.

Impulsul principal de comandă îl constituie presiunea aburului. Regulatorul principal este alcătuit dintr-o balanţă, asupra căreia acţionează pe de o parte membrana de abur şi pe de altă parte contragreutatea.

La variaţii de sarcină şi deci de presiune, balanţa părăseşte poziţia neutră care corespunde presiunii nominale a aburului şi acţionează, prin intermediul tubului de jet la releului hidraulic, pistonul servomotorului, în sensul închiderii sau deschiderii clapei de aer.

Căderea de presiune a aerului din preîncălzitor acţionează membrana regulatorului de combustibil. La regulatorul de combustibil s-a prevăzut şi o membrană de corecţie, pentru evitarea efectului de suprareglare.

Între servomotorul şi clapa de reglare a combustibilului s-a introdus un dispozitiv cu culisă parabolică, care asigură o caracteristică corespunzătoare a clapei fluture circulare.

Independent de celelalte regulatoare, s-a prevăzut şi un regulator de tiraj, al cărui impuls îl constituie însăşi depresiunea din focar şi care acţionează asupra clapei de gaze de ardere.

Cele trei regulatoare au fost concentrate într-un tabloudulap, împreună cu pompa de ulei cu roţi dinţate, reductorul de presiune de ulei, trei chei de comutare şi de telecomandă, debitmetrul înregistrator de gaz metan, manometrele pentru presiunile gazului metan înainte şi după clapa de reglare, manometrul pentru presiunea aburului, precum şi toate legăturile interioare.

Servomotoarele au fost plasate pe planşeul sălii cazanelor în locuri uşor accesibile, aproape de clapele respective. Reţeaua de conducte de impuls a fost executată din ţeavă de gaz de 3/8". Ajutajele de jet ale releelor au fost găurite cu un alezor conic, confecţionat special în acest scop. Membranele de mică presiune (gaz metan, aer, tiraj) au fost confecţionate din piele de capră, impregnată cu untură de peşte.

Sistemul de automatizare a dat rezultate bune în exploatare, constatîndu-se că a condus la reducerea consumului specific de combustibil. Se continuă însă cercetările şi experimentările în vederea reducerii la minim a variaţiilor de presiune şi înlăturării necesităţii intervenţiilor personalului prin telecomandă.

Pe baza rezultatelor obţinute în această primă încercare, se analizează în prezent extinderea automatizării şi la alte cazane din centralele termoelectrice ale întreprinderii.

Ing. **Albert Bosch**

CURĂŢIREA CHIMICĂ A CAZANELOR DE PRESIUNE ÎNALTĂ

Curăţirea chimică, interioară, a cazanelor noi, înainte de punerea lor în funcţiune, este o măsură necesară, pentru a îndepărta grăsimile, uleiul, grafitul etc (spălarea alcalină) sau a ruginii, a ţunderului etc (spălarea acidă). Uneori este nevoie ca operaţiunea de curăţare chimică să fie executată, succesiv, prin spălare alcalină şi apoi prin spălare acidă.

Spălarea acidă este răspîndită în practică pentru îndepărtarea depunerilor din interiorul cazanelor, formate în cursul exploatării din cauza lipsei tratării apei sau a unui regim chimic necorespunzător al apei. Pentru cazane de presiune mică şi mijlocie de construcţie simplă, operaţiunea nu prezintă dificultăţi şi dacă se respectă anumite condiţii de lucru, rezultatele sînt satisfăcătoare, iar agregatele nu sînt expuse nici unor consecinţe rele. Deasemeni alte agregate termice: condensatoare, schimbătoare de căldură, vaporizatoare se pot curăţi pe această cale de depuneri.

Este însă nevoie de a alege judicios inhibitorul cel mai potrivit.

In cazul spălării acide a cazanelor moderne, de construcţie complexă şi de presiune înaltă, schema aplicată cazanelor de presiune mică şi medie nu este suficientă, neasigurînd nici eficacitatea curăţirii chimice, nici protecţia metalului. In lipsa unor norme sau a unor prescripţii unitare, indicăm mai jos principiile operaţiunii pentru aceste cazane.

Necesitatea spălării acide se impune, pentru cazane de presiune înaltă în următoarele cazuri: curăţirea după montaj (după spălare alcalină); curăţirea din cauza deficienţelor regimului chimic al apei; curăţirea periodică, la intervale lungi (la 2-3 ani odată).

Deficienţele regimului chimic al apei pot introduce prin apa de alimentare, produse ale coroziunii, oxizi de fier şi de cupru, ca urmare a unei degazări necorespunzătoare, sau a tratării necorespunzătoare a apei pentru alimentarea vaporizatoarelor cum şi săruri diferite, generatoare de depuneri tari sau de nămol.

Curăţirea periodică la intervale lungi are drept scop eliminarea depunerilor care se formează cu timpul în sistemul complicat de ţevi al cazanelor de debit mare, chiar la o tratare corespunzătoare a apei. Din motive de siguranţă a exploatării, grosimea maximă a depunerilor pe suprafeţele de încălzire nu trebuie să treacă de 0,15 mm. O spălare acidă poate apărea ca necesară chiar după un timp de exploatare mai scurt, dacă după montaj, cazanul nu a fost curăţat chimic.

Compoziţia chimică a depunerilor formate în cazanele de presiune înaltă diferă de aceea a depunerilor formate în cazanele de presiune mică sau mijlocie, în condiţii normale de funcţionare.

Depunerile sînt constituite în general din oxizi de fier, silice, oxizi de cupru, fosfaţi şi numai în procente reduse din compuşi generatori de duritate. Acidul clorhidric diluat, folosit pentru spălare acidă, nu are un efect satisfăcător de dizolvare sau de dezagregare a depunerilor, acţiunea lui trebuind să fie susţinută de către un adaos de fluorură de sodiu sau de amoniu. In caz contrar, depunerile persistă pe toată suprafaţa de încălzire sau sînt dizolvate, respectiv dislocate, doar local — ca urmare a compoziţiei lor neomogene — iar metalul va fi suprasolicitat termic în zone restrînse, deteriorîndu-se în scurt timp în domeniul acestor presiuni înalte.

Alegerea judicioasă a inhibitorului şi dozarea lui corectă este un alt factor important. Inhibitorii folosiţi de regulă nu protejează fonta, iar unii dintre ei nu au acţiune protectoare asupra aliajelor de cupru. Un dozaj prea mic al inhibitorului poate da loc la coroziuni.

Mecanismul acţiunii inhibitorilor este următorul: în spaţiile minuscule dintre limitele granulelor sau al suprafeţelor limită iau naştere elemente locale între metal şi particulele de zgură incluse. Particulele de inhibitori se duc împreună cu ionii H^+ la catozii acestor elemente locale, unde sînt descărcaţi şi apoi adsorbiţi de suprafaţa catodică, formînd un strat protector, care împiedică descărcarea ionilor H^+. Metalul de la anozii acestor elemente locale nu mai este dizolvat sau dizolvarea lui este mult încetinită. Un dozaj insuficient de inhibitor nu produce stratul protector continuu, putînd să se dezvolte astfel coroziuni localizate, periculoase.

Metalul suprafeţelor de încălzire ale cazanelor de presiune înaltă, acoperit de depuneri, chiar foarte reduse, poate suferi în cursul exploatării transformări structurale, care-i micşorează rezistenţa la solicitările termice

și mecanice la care este supus. Din această cauză, concentrația acidului folosit la spălare, durata acțiunii sale, viteza de circulație a soluției acide, temperatura de lucru, trebuie astfel alese ca să evite orice efect dăunător asupra metalului, asigurînd însă eficacitatea curățirii chimice.

Soluția acidă, soluțiile de spălare și soluțiile de neutralizare trebuiesc evacuate repede din cazan, pentru a evita coroziunea materialului de către oxigenul din aer. În acest scop, îndepărtarea soluțiilor se face cu ajutorul unui gaz inert, sub presiune și folosind pasivatori pentru protecția suprafețelor metalice.

Principial, spălarea acidă a cazanelor de presiune înaltă trebuie să îndeplinească următoarele condiții:

Acidul clorhidric va avea o concentrație de 5—10%; durata de acțiune va fi de 6--8 ore, și numai în cazuri excepționale, 10 ore. Adaosul de fluorură de sodiu sau de amoniu va fi de 1—2% (pentru înlăturarea nisipului sau a silicei). Inhibitorul și dozajul lui vor fi stabilite cu deosebită grije, pe baza unor încercări practice sau a unor recomandări precise. Soluția de acid va fi evacuată cu ajutorul unui gaz inert (azot) sub presiune de 1,5—2 ats.

Spălarea se face cu condensat, de 30°C, cu adaos de hidrat de hidrazină; neutralizarea se face la cald (80°C) cu soluție de 1% carbonat de sodiu sau fosfat de sodiu cu adaos de azotat de sodiu. Evacuarea acestor soluții se face tot cu azot sub presiune.

După golire, cazanul se umple cu apă de alimentare, alcalinizată, și se ține timp de 48 de ore la presiunea de 15—20 at, în care interval se purjează intens colectorii inferiori. Se golește cazanul, se examinează și apoi se pune în funcțiune în mod normal.

Pentru supravegherea duratei de spălare, se introduc într-un rezervor auxiliar, umplut cu soluție de spălare, probe de țevi din cazan, care se examinează periodic. Soluția din rezervor se menține în circulație cu ajutorul aerului sub presiune.

Ing. L. Stanisavljevici

DOCUMENTARE

Energetică generală

Alegerea parametrilor energetici ai aparatajului electric și acționările electrice ținînd cont de sistemul energetic. T. A. Siromiatnikov, Electricestvo, nr. 10 (1959) pp. 1—8, 4 tabele.

Autorul face o analiză amănunțită a economicității investițiilor energetice pornind de la unitatea sistemului energetic în economia socialistă, cuprinzînd și consumatorii.

Ideea de bază a analizei se poate exprima prin fraza: „Sistemul energetic trebuie să asigure necesitățile societății în modul cel mai economic".

Pornind de pe aceste poziții se analizează întreaga gamă a aparatajului electric, de la motoarele care acționează uneltele la consumatori și pînă la generatoarele din centralele electrice.

Se prezintă pe scurt și metodologia calculelor tehnico-economice aprobate recent în U.R.S.S. și se insistă asupra alegerii parametrilor utilajului în funcție de condițiile specifice ale țării, nu în comparație cu indicii din alte țări, deoarece în acest caz s-ar putea să se creeze utilaje care sînt foarte economice în alte țări, dar, datorită condițiilor naturale (de exemplu combustibili), să nu fie cele mai economice pentru U.R.S.S.

De asemenea, este important de remarcat că în cadrul calculelor tehnico-economice nu se recomandă luarea în considerare a vreunui coeficient pentru materiale deficitare.

În privința surselor de putere reactivă autorul insistă asupra atitudinii nejuste a fabricilor producătoare de mașini electrice, care în scopul realizării unor performanțe de plan mai bune uită că important este să se obțină economii pe întreaga economie națională și nu livrează suficiente motoare sincrone, care fiind în același timp și surse de putere reactivă sînt mai economice decît motoarele asincrone cu baterii de condensatoare aferente, în vederea livrării energiei de același factor de putere.

Articolul, tratînd probleme deosebit de importante pentru orientarea inginerilor din ramura energetică și a industriei electrotehnice, are o valoare teoretică și practică incontestabilă.

Evidențierea decalajului în timp a investițiilor și a cheltuielilor de exploatare la compararea variantelor construcțiilor energetice L. A. Vaag și S. N. Zaharov, Electricestvo, nr. 10 (1959) pp. 8—15, 4 fig., 4 indicații bibliografice.

Autorii articolului sînt autorii primei redactări a „bazelor calculelor tehnico-economice în energetică" aprobate recent în U.R.S.S.

Articolul dezbate cazurile mai complicate de calcule tehnico-economice între variante la care investițiile nu se fac simultan și cheltuielile de exploatare sînt diferite.

În legătură cu aceasta se combate metodologia folosită în prezent de mulți specialiști din U.R.S.S. și chiar cuprinsă în recomandările Ministerului Centralelor Electrice, prin care la compararea a două variante se iau în considerare nu cheltuielile după formula

$$C_u = C + p_n I \qquad (1)$$

propusă în lucrarea mai sus amintită, ci după formula:

$$C_n = I + Ct \qquad (2)$$

unde:

C_n sînt cheltuielile;

C — cheltuieli de exploatare;

I — cheltuieli de investiție;

$p_n = \frac{I}{T}$ — inversul timpului de recuperare, fixat în U.R.S.S. la 12,5% ($T = 8$ ani) și denumit coeficientul normat de eficacitate;

t — timpul în ani.

În continuare autorii prezintă cîteva cazuri concrete, dintre cele mai frecvent întîlnite în practică.

Articolul prezintă interes pentru proiectanții care lucrează în domeniul energiei electrice, cum și pentru cadrele de avizare a investițiilor pentru orientare în alegerea soluțiilor.

Bazele metodologiei calculelor tehnico-economice în calculele energetice. Electricestvo, nr. 10 (1959), pp. 72—75.

Revista „Electricestvo" publică metodologia calculelor tehnico-economice în calcule energetice elaborată sub redacția lui M.A. Stîrikovici, membru corespondent al Academiei de Științe a U.R.S.S. și a unui colectiv format din 33 de persoane din partea Comitetului de Stat al Planificării, Construcțiilor, Institutului de economie al Academiei, institutelor de învățămînt superior, de proiectare și cercetare.

La prima redactare au lucrat L.A. Vaag și S.N. Zaharov, iar redactarea finală a fost definitivată de M.A. Stîrikovici, L.A. Vaag, I.I. Golosov, S.N. Zaharov, D.S. Stepanov, I.A. Siromiatnikov, P.I. Tiurin și A. I. Iurin. Această redactare a fost aprobată și ține loc de recomandații pentru calcule tehnico-economice în U.R.S.S.

Metodologia de bază este cea cunoscută, care pornește de la timpul de recuperare.

Formula

$$T = \frac{I_2 - I_1}{C_1 - C_2} \quad (1)$$

este comodă în cazul comparării a două variante. Pentru compararea mai multor variante se propune formula:

$$C_n = C + p_n\, I = \text{minim} \quad (2)$$

în care C_n sînt cheltuielile de calcul, iar p_n — coeficientul de eficacitate normat (inversul timpului de recuperare T).

Ceea ce este important de remarcat este faptul că p_n a fost fixat pentru toate obiectivele energetice 12,5%, adică timpul de recuperare s-a fixat la opt ani.

În continuarea descrierii metodologiei se dau patru exemple de calcul pentru diferite cazuri. Materialul prezintă o mare importanță pentru cei care lucrează la planul de perspectivă și la alegerea soluțiilor în domeniul energiei.

Utilizarea energiei eoliene în Europa Centrală. Gross, A. Th. „Brennstoff-Wärme-Kraft" (BWK) **11** (1959) nr. 9 (septembrie), pp. 414–419, 12 fig., 6 ref. bibl.

CZ 621.311.24 (4)

Dezvoltarea energeticii eoliene a ajuns la stadiul în care se pot realiza în serie centralele electrice eoliene (CEE) tipizate. Utilizarea lor este economică în cazul unui aport suplimentar de energie electrică în rețelele sistemelor energetice în regiunile Europei Centrale cu un regim favorabil al vîntului. Valoarea investițiilor pentru CEE autoreglate funcționînd în cadrul sistemului energetic, ce pot concura cu alte centrale electrice și avînd o putere instalată de 100÷300 kW, este de 600–750 DM/kW pentru cazul unei producții în serie. În zonele neelectrificate, CEE izolate pot intra în competiție sub raportul economicității cu motoarele Diesel.

Autorul indică principalele date caracteristice ale CEE mari realizate în ultimii ani în Europa Centrală și prezentate la consfătuirea anuală din 12–13.VI.1959 a Asociației de Studii și Proiectări Eoliene (Studiengesellschaft Windkraft-Stuttgart) de către experți din Germania, Danemarca, Anglia și Franța (tabela 1).

Tabela 1

CEE	Țara	N [kW]	D_{rot} [m]	F_{rot} [m²]	$H_{axă}$ [m]	N_{rot} [rot/min]	Tipul stîlpului
Stötten	Germania	400	34	900	22	42	metalic-tubular
Gedser	Danemarca	200	24	450	25	30	beton precomprimat
Orkney	Anglia	100	18	254	26	60	metalic zăbrelit
St. Alban	Anglia	100	24	450	30	100	metalic tubular
Neyrpic	Franța	130	21	346	20	56	metalic zăbrelit

d.bf.

Energia eoliană. „Engineering" **185** (1958), nr. 4 800, p. 297 – 298, fig. 2, ref. bibl.

CZ 621.311.24(42)(65)

În articol se arată că turbina eoliană de tip Andreau cu transmisia pneumatică a fost nejudicios montată la St. Albani (Anglia), unde regimul vînturilor s-a dovedit a fi neadecvat (timp de 2 ani instalația a funcționat numai timp de 60 ore, dezvoltînd o putere maximă de 25 kW față de 100 kW-puterea instalată). După o perioadă de studiere a amplasamentului „Grand Vent Deux" în apropiere de Alger, s-a ajuns la concluzia că acesta corespunde condițiilor de funcționare a agregatului care a fost adus din Anglia și remontat în anul 1957, intrînd în funcțiune în luna noiembrie. De la început, instalația a dezvoltat o putere de 130 kW, ceea ce reprezintă cu 30% peste puterea nominală.

Agregatul pneumatic, în care se rezolvă dificila problemă a transmiterii rotației de la elice la generator printr-o transmisie pneumatică elastică funcționează în felul următor: aerul este evacuat din interiorul palelor evidate datorită forței centrifuge atunci cînd roata este învîrtită de vînt, creîndu-se o depresiune în interiorul stîlpului tubular. Aerul care pătrunde prin orificii la baza stîlpului trece printr-o turbină de vînt (asemănătoare unui ventilator) la arborele căreia este direct cuplat generatorul de c.a. Prin acest sistem se eliberează generatorul de un regim rigid funcție de turația elicei, cum avea loc la instalațiile clasice. Reglajul turbinei de vînt se face asemănător cu acela de la turbinele Kaplan, prin modificarea unghiului de incidență al palelor. În caz de furtună cele două pale ale roții se pun „în drapel", fiind astfel protejate împotriva distrugerilor.

d.bf.

Producerea energiei electrice prin generatoare eoliene (II)* Vadot L. „La Houille Blanche" **14** (1959) nr. 1, pp. 13–14, 11 figuri, 4 tabele.

CZ 621.311.24

În acest articol autorul se oprește asupra problemelor economice ale centralelor electrice eoliene (CEE). O deosebită importanță o prezintă greutatea rotorului care variază cu cubul diametrului său. În ceea ce privește stîlpul, supus eforturilor aerodinamice și giroscopice, greutatea sa variază direct proporțional cu pătratul înălțimii, diametrul rotorului și viteza vîntului. Plecînd de la variația greutății pe kW instalat funcție de diametrul rotorului, autorul stabilește costul procentual al elementelor instalațiilor eoliene. Comparînd între ele șase tipuri de CEE din U.R.S.S. cu trei tipuri franțuzești, un tip britanic și un tip american, autorul determină greutatea elementelor pe cale statistică. În condițiile repartiției costului, stabilit de autor pentru diferite elemente ale agregatului eolian, se ajunge la un agregat constituind tipul optim economic. Aparatul rezultă tripal cu un diametru al roții $D = 27$ m și o înălțime de amplasare a axei rotorului de la sol $H = 35$ m. La un vînt mediu anual de 8 m/s, turația fiind de $U = 60$ rot/min, agregatul este echipat cu un generator de 300 kW și produce în medie 720 000 kWh/an. Scoțînd în evidență eforturile depuse pentru utilizarea pe scară largă a energiei eoliene în Franța, autorul remarcă în concluzie că valorificarea resurselor energetice eoliene inepuizabile nu grevează asupra capitalului energetic național, cum este cazul energiei termice, nu produce reziduuri nocive, ca în cazul energiei atomice, și poate să redea unor vaste terenuri aride fertilitatea pe care vîntul le-o răpea înainte.

d. bf.

*) Partea I (vezi Energetica 9/1959).

Mărirea uniformității producerii de energie electrică în cazul funcționării în paralel a cîtorva generatoare electro-eoliene. Baranova, T. A. „Vestnik Elektropromîslennosti" **29** (1958) nr. 12 (decembrie), pp. 41–43, 4 fig.

CZ 621.311.24.016.32

Se constată că pentru o alimentare calitativă a consumatorilor de la centrale electrice eoliene (CEE) se cere soluționată problema uniformizării producerii energiei electrice. În mod obișnuit, la CEE existente, energia electrică produsă are un caracter pulsatoriu, funcție de pulsațiile vitezei vîntului. Institutul de Energetică al Academiei de Științe a U.R.S.S. a întreprins studii în direcția conectării mai multor CEE pe un sistem de bare comun. Printr-o amplasare judicioasă a CEE la o suficientă distanță între ele, pulsațiile vîntului fiind în aceste puncte decalate între ele, se obține un grafic de producție aplatizat. Studiul a fost elaborat pe baza funcționării unei baterii-model amplasate pe poligonul Institutului Unional de Cercetări în domeniul CEE de la Istra de lîngă Moscova. S-a constatat că începînd cu funcționarea a patru agregate în paralel, gradul de aplatizare este satisfăcător. Plecînd de la rezultatele obținute pe acest model compus din zece micromotoare electro-eoliene de 100 W fiecare, s-a realizat bateria de CEE de la Akemolinsk (Kazahstan), cu o putere instalată totală de 400 kW, în 12 CEE de tip D-18. Realizările din U.R.S.S. în domeniul funcționării în paralel a CEE expuse în articol de către autoare, secretară științifică a Comisiei unionale pentru problemele utilizării energiei eoliene, reprezintă o valoroasă contribuție la soluționarea celei mai dificile probleme a funcționării CEE, uniformizarea graficului de producție a energiei electrice.

d.bf.

Energetică industrială

Cu privire la indicii de rentabilitate la înlocuirea motoarelor asincrone supradimensionate. K u z n e ț o v B.V. Promîșlennaia Energhetica (1949), nr. 4, pp. 26 — 28, 1 tabelă.

În „Instrucțiunile cu privire la înlocuirea motoarelor asincrone supradimensionate" apărute în Uniunea Sovietică, în anul 1953, se prevede ca înlocuirea acestor motoare să se facă numai atunci cînd se micșorează pierderile de putere activă. Problema înlocuirii apare însă numai la motoare la care sarcina medie la care sînt încărcate este de 45—70% din puterea lor nominală. În acest scop, în instrucțiuni se dă o formulă cu care se poate determina eficacitatea economică a înlocuirii.

În articol se propune o formulă simplificată pentru determinarea pierderilor totale de putere activă (ΔP_{tot}):

$$\Delta P_{tot} = K_{inc}\, P_n\, (1 - \eta)/\eta + KQ$$

unde:

$K_{inc} = P/P_n$ — coeficient de sarcină;

P — sarcina efectivă la arborele motorului, kW;

P_n — puterea nominală a motorului, kW;

η — randamentul corespunzător coeficientului de sarcină K_{inc} determinat din curbele $= f\ (K_{inc})$

K — echivalentul economic (caracteristic sistemului energetic), kW/k$_{var}$;

$Q = K_{inc}\, P_n \operatorname{tg} \varphi/\eta$ — puterea reactivă a motorului corespunzător coeficientul K_{inc}, k_{var};

tg φ se determină corespunzător factorului de putere pentru un K_{inc} determinat din curbele: cos $\varphi = f\ (K_{inc}$.)

Într-un exemplu concret se arată că rezultatele obținute prin formula simplificată sînt acoperitoare, față de cele obținute după metoda din Instrucțiuni.

al. f.

Despre cîteva probleme ale dezvoltării sistemelor de alimentare cu energie electrică a întreprinderilor industriale. G. V. S e r b i n o v s k i, Promîșlenaia Energetica, (1959), nr. 4, pp. 7—11.

În Uniunea Sovietică, în perioada 1960—1965, industria energetică va trebui să facă față creșterii consumului de energie electrică dictat de sporirea masivă a producției industriale. În cadrul articolului se examinează o serie de probleme tehnico-economice și organizatorice care trebuie rezolvate de energetica sovietică în acest scop.

Astfel, se relevă necesitatea elaborării unei metode unice de stabilire a eficacității economice a investițiilor pentru alimentarea consumurilor de energie electrică, precum și a secțiunii optime a conductoarelor liniilor aeriene și a cablurilor.

Pentru evitarea concluziilor eronate, se impune ca prețurile ce se iau în considerare în calculele tehnico-economice să fie calculate pe baza timpului de muncă socialmente necesar producerii obiectelor respective.

De asemenea se examinează și problema introducerii tensiunilor intermediare de 18—20 kV și 60 kV la alimentarea consumatorilor industriali, ca mijloc de realizare de economii de metal pentru conductoare.

al. f.

Termoenergetică

Agregatul de cazan PK-40-100 SP-640/140. V. R. S a z o n o v, Teploenerghetica (1959), nr. 8, p. 90—91, 2 tabele.

Se descrie agregatul de cazan proiectat de Uzina din Podolsk și de MOȚKTÍ cu un debit instalat de 640 t/h la 140 at, 570°C și supraîncălzire intermediară la 27 at, 570°C. Cazanul este destinat funcționării în bloc cu turbina PVK-200 de 200 MW și este prevăzut pentru arderea în stare pulverizată a cărbunelui cu un mare conținut de apă.

Proiectul tehnic prevede realizarea cazanului în două variante: o variantă cu două focare complet separate și o variantă cu un singur focar despărțit în două printr-un ecran central.

Dintre caracteristicile tehnice de calcul arătate, se menționează:

	Varianta cu două focare	Varianta cu un focar
Combustibil	Produs intermediar al cărbunelui de Kuznețk, mărcile K și PS	Cărbuni de Kuznețk, marca SS.
Randamentul brut al cazanului, %	91,4	92,02
Temperatura gazelor evacuate, °C	124	125,0
Încărcarea termică a volumului focarului, mii kcal/m^{3}h	127,2	125,0
Încărcarea termică a secțiunii focarului, mii kcal/m^{2}h	3 110	3 135
Temperatura de preîncălzire a aerului, °C	260 . . . 290	290

Preîncălzirea aerului se face în preîncălzitoare regeneratoare pînă la temperatura de 260···290°C (corespunzător la două variante constructoare ale cazanului cu două focare separate).

Se arată modul cum se face circulația amestecului apă-abur și modul de reglare a temperaturii aburului la sfîrșitul celor două supraîncălziri.

Cele două supraîncălzitoare au fost realizate fără utilizarea oțelurilor austenitice.

Consiliile tehnice care au examinat proiectul tehnic au recomandat elaborarea proiectului de execuție pentru varianta cu două focare, cu aducerea unor modificări ca: micșorarea lățimii cazanului, arderea combustibililor cu caracteristici variabile și ridicarea temperaturii de preîncălzire a aerului pînă la 300°C.

al. f.

Turbina SVK-400 a uzinelor constructoare de mașini din Leningrad. V. L. P o l i ș c i u k, Energo-Maşinostroenie, nr. 5 (1959) p. 31.

Fabrica constructoare de turbine din Leningrad a terminat proiectul tehnic al unei turbine cu abur la parametri ridicați SVK-400 de 400 MW și întocmește în prezent proiectele altor două turbine de același tip, SVK-300 și SVK-500 (de 300, respectiv 500 MW).

Turbina cu abur cu condensație SVK-400 are puterea nominală 400 MW, parametrii aburului la intrare 240 at și 580°C, supraîncălzire intermediară la 565°C și 36 at, vidul în condensator 0,035 at la o temperatură a apei de răcire de 12°C și temperatura apei de alimentare 260°C. Circuitul regenerator are opt prize nereglabile.

Turbina este proiectată la 3 000 t/minut, cu un singur ax, cu patru corpuri și două condensatoare.

Lungimea turbinei este de 27,6 m, iar lungimea totală a grupului este de 38,4 m.

Pompa principală de alimentare cu apă este acționată de o turbină cu contrapresiune la 2,4 at de 14,3 MW, cu abur de 17,5 at, 460°C din corpul de medie presiune a turbinei. Această pompă dispune și de un electromotor de rezervă de 6 000 kW, în scopul de a asigura funcționarea turbinei principale la pornire și în caz de avarie.

c. w.

Pregătirea prafului de cărbune pentru focarele cu pulverizare. Energetika (R. Cehoslovacă) (1959), nr. 9 anexa B-4, 14 pag., 34 fig., 8 tabele.

Lucrarea cu caracter pur practic, dar la nivel înalt, reprezintă o monografie amplă și concisă a morilor de cărbune; se dau de asemenea și formule pentru calcul practic. Pornind de la clasificarea cărbunilor după comportarea la măcinare, se descriu metodele de încercare VTÍ și Hardgrove și se prezintă calculul coeficientului acestei comportări în funcție de umiditatea cărbunelui. Caracteristicile fizice ale prafului de cărbune (greutate specifică, granulație, conținut de cenușă) sînt prezentate în tabele și diagrame, ca bază pentru controlul procesului tehnologic de măcinare. Se arată cele mai uzuale scheme de măcinare și uscare, punîndu-se un accent deosebit pe transportul cărbunelui și pe stocul tampon și calculul consumului de energie.

Dintre morile propriu-zise se descriu cele cu tambur şi cele cu ciocane (normale şi rapide), şi un tip mai puţin cunoscut, la care cărbunele se macină prin concasare şi frecare între un rînd de bile mari şi două inele presate de forţa reglabilă a unor arcuri, deci într-un rulment mare. Se descrie şi o moară-ventilator — o moară rapidă cu ciocane, care nu mai are nevoie de ventilator suplimentar, întrucît rotorul său produce şi curentul de aer.

Dintre sortatoarele de praf de cărbune se scot în evidenţă cele centrifuge şi cele cu cameră în spirală, deoarece sortatoarele gravitaţionale au importanţă numai la anumite instalaţii cu baterii serie de mori cu ciocane.

Celelalte capitole se ocupă de mecanismele de alimentare a morilor, de transportul şi dozarea prafului, de caracteristicile de combustie cu referire specială la pericolul de explozie şi autoaprindere şi în legătură cu aceasta se expun prescripţiile de tehnica securităţii.

Perfecţionări termodinamice în centralele termoelectrice cu abur. Archiv für Energiewirtschaft, noiembrie (1958), nr. 21, p. 827—838, 10 figuri.

Dintre posibilităţile de îmbunătăţire a ciclului termodinamic al marilor centrale cu abur cu condensaţie se prezintă: preîncălzirea prealabilă a aerului de ardere cu abur prelevat de la priza fixă de 0,5 at a turbinei; preîncălzirea apei de alimentare în preîncălzitoare instalate, în drumul gazelor de ardere, între ventilatoarele de gaze arse şi coşul de evacuare. În marile centrale termoelectrice din S.U.A., prin aplicarea acestor metode s-au obţinut îmbunătăţiri importante, ca de exemplu 1,25% spor de randament la blocul nr. 2 al Centralei Eddystone.

În centralele cu grupuri cu contrapresiune, dintre posibilităţile de îmbunătăţire a performanţelor termodinamice se menţionează: ridicarea parametrilor la intrarea în turbină; folosirea căldurii de la răcirea generatoarelor şi de la uleiul de turbină în scopul preîncălzirii apei de alimentare. Prin aceste metode la centralele actuale cu contrapresiune, cu consumuri specifice la turbină de circa 920—880 kcal/kWh, se realizează o scădere a consumului specific cu circa 10 kcal/kWh.

al. f.

Prima etapă a centralei „Schwarze Pumpe". Brucke K. Energietechnik. **9** (1959), nr. 8, pp. 341—352, 16 fig.

Centrala de termoficare „Schwarze Pumpe" va deservi Combinatul cu acelaşi nume a cărei primă etapă a fost dată în funcţiune în 1959. Situat lîngă localitatea Hoyerswerda, pe o suprafaţă de circa $2 \times 3\,1/2$ km², combinatul va cuprinde în extensiune finală trei fabrici de brichete pentru cîte $2{,}1 \times 10^6$ t/an, o instalaţie de gazeificare sub presiune pentru $3{,}5 \times 10^9$ m³/an şi trei cocserii pentru cîte $0{,}9 \times 10^6$ t/an cocs şi $0{,}5 \times 10^9$ m³/an gaze de cocserie. Baza energetică a combinatului este cărbunele brun exploatat în cariere.

Alăturîndu-se etapelor de dezvoltare a combinatului, centrala se va realiza în trei etape denumite centrala vest, mijloc şi est. În final, adică în anul 1970, complexul de centrale va avea instalat un debit de abur de 5 580 t/h pentru acoperirea unui consum de vîrf de 5 000 t/h şi a unui consum mediu anual de 4 500 t/h.

Prima centrală, centrala vest, este o centrală cu bare colectoare echipată cu şase cazane de 230 t/h, trei grupuri de contrapresiune de 50 MW şi patru grupuri de condensaţie de 25 MW. În centrala mijloc vor fi instalate şase blocuri, constînd dintr-un cazan de 420 t/h şi un grup de contrapresiune de 50 MW, iar centrala aceasta va cuprinde încă patru blocuri de acest tip.

În articol se descriu în amănunt concepţia şi realizarea primei centrale de termoficare, adică centrala vest, care are parametrii 112 at, 535°C. Se prezintă detailat schema termică, planul şi secţiunea prin centrală, construcţia cazanelor, turbinelor şi instalaţiilor auxiliare. Este prezentată şi schema electrică a centralei cu transformatoare bloc şi bare triple de 30 kV.

Se remarcă îndeosebi aşezarea semiexterioară a cazanelor (peretele din spate este la exterior şi plafonul cazanului formează acoperişul sălii cazanelor), amplasarea în sala maşinilor a transformatoarelor bloc, faptul că pompele de alimentare sînt antrenate numai cu turbine, cum şi prevederea unei centrale de încălzire separate numai pentru nevoile de încălzire a tuturor unităţilor combinatului, în vederea asigurării recuperării unui procent maxim de condensat la centrala de termoficare propriu-zisă. Zgura şi cenuşa evacuate hidraulic se îndepărtează cu ajutorul căii ferate; este prevăzută posibilitatea de a se trece ulterior la evacuare uscată pentru a se putea utiliza zgura şi cenuşa.

Centrală de termoficare de mică putere sau centrală termică raională pe gaze. Avebuh I. H. Promîslenaia Energetica, nr. 3/1959, pp. 40—44.

Pe motivul că CET necesită investiţii mari, o serie de întreprinderi industriale în mod greşit îşi construiesc centrale termice locale sau raionale, pentru sarcini termice însemnate al căror montaj durează, în general, mai puţin timp decît cel pentru CET.

În anul 1958 la Leningrad s-a proiectat o CT pentru o sarcină termică de 60 t/h, la care drept combustibil se foloseşte gazul natural. Promenergoproiect a avut sarcina de a studia şi o variantă în care să se prevadă construirea unei CET pentru alimentarea cu căldură a circa 220 000 m³ clădiri de locuit pentru încălzire şi apă caldă, cum şi cu energie electrică a raionului respectiv. Sarcina termică a CET urma să fie de 42,5 Gcal/h, livrată după un grafic de reglaj de 130/70°C cu „sistemul deschis". CET a fost prevăzută să fie echipată cu două turbine cu contrapresiune de tipul A — 6 — 1,2 de 6 000 kW şi A — 1,5—1,2 de 1 500 MW. A doua turbină funcţiona în timpul verii, întrucît sarcina de apă caldă a raionului urban era de circa 22% din sarcina termică totală.

Din calcule a reieşit că producerea separată de căldură şi energie electrică conduce la o investiţie de 13 310 000 ruble şi 4 832 000 ruble cheltuieli anuale, în timp ce în cazul producerii combinate se cereau 10 062 000 ruble investiţii şi 4 362 200 ruble cheltuieli anuale, lucru care dovedeşte avantajul net al construirii de CET cu precădere faţă de CT.

Curăţirea conductelor de abur de termoficare. Bulavi-ţchi I. M. şi Sapoval I. T. Electriceskie Stanţii nr. 2/1959, pp. 80—81.

Vechea metodă de curăţire interioară a conductelor de abur ale instalaţiilor de termoficare cu abur după montaj necesită un timp foarte îndelungat şi cheltuieli mari cu aburul de spălare.

În baza experienţei energeticienilor din Kiev se propune spălarea cu abur cu adăugare de sodă caustică. Această metodă a redus timpul de spălare de la circa 2 luni la 7 zile şi costul spălării de la 830 000 ruble la 23 000 ruble pentru o conductă de circa 1,5 km lungime şi 500 mm diametru.

Pregătirea tehnică a reparaţiei agregatelor din centrale, mai ales la secţiile centrale de reparaţii. Unger L. Energietechnik, **9** (1959), nr. 6, pp. 244—253, 9 fig., 14 ref. bibl.

Se relevă importanţa unei pregătiri tehnice corespunzătoare, înainte de începerea lucrărilor de reparaţii la instalaţiile energetice ale centralelor termoelectrice, insistîndu-se în special asupra sarcinilor ce revin secţiilor centrale de reparaţii.

Prin pregătirea tehnică, trebuie soluţionate următoarele probleme principale:

a) stabilirea volumului de lucru;

b) pregătirea materialelor pentru reparaţii şi a pieselor de schimb;

c) pregătirea sculelor şi dispozitivelor necesare;

d) determinarea schemelor de transport şi organizarea locurilor de lucru;

e) luarea măsurilor de tehnica securităţii şi protecţia muncii;

f) stabilirea măsurilor de modernizare, care trebuie efectuate la obiectele care se repară;

g) pregătirea mecanizării lucrărilor de reparaţii;

h) pregătirea documentaţiei tehnice pentru obiectele care se vor repara.

Se analizează fiecare din aceste aspecte, insistîndu-se în mod deosebit asupra modului de organizare a soluţionării fiecărei probleme.

Electroenergetică

Telecomanda manevrelor în staţiile de transport şi repartiţie. R. Pinet şi R. Galy, Bull. S.F.E. nr. 8 (1959), pp. 461—468.

Acest articol tratează studiul actual al folosirii telemecanizărilor la staţii de înaltă şi foarte înaltă tensiune. În acest domeniu situaţia este diferită de cea din reţeaua de distribuţie. Nu se tratează telecomenzile cu fire multe, ele fiind considerate ca simple acţionări la distanţă.

Principiile directoare folosite în prezent în Franţa sînt următoarele :

— Exploatarea unei staţii telemecanizate trebuie să fie cît mai apropiată de cea a unei staţii cu personal.

— Standardizarea elementelor de telemecanizare.

— Asigurarea funcţionării corecte a telemecanizării.

— Cunoaşterea elementelor strict necesare configuraţiei şi situaţiei de la staţia telecomandată la punctul de unde se efectuează telecomanda.

— Folosirea din ce în ce mai amplă a aparatajului şi materialelor din tehnica curenţilor slabi în instalaţiile de telemecanizare.

În prezent, în reţeaua întreprinderii Electricité de France se află 16 staţii telemecanizate de importanţă variabilă. Telemecanizările acoperă în total circa 100 plecări de linii de tensiuni între 220 şi 15 kV şi circa 20 transformatoare.

Cea mai mare dintre aceste instalaţii are o capacitate de 120 telecomenzi şi telesemnalizări, altele două au 90 şi 60 telecomenzi, iar celelalte 20—30 telecomenzi.

Totodată sînt în curs de instalare alte 10 staţii.

Experienţa de exploatare a fost foarte satisfăcătoare, totuşi se poate ridica problema dacă în unele cazuri, în care manevrele sînt extrem de rare, nu se putea renunţa la telemecanizare, folosindu-se doar automatizări.

Se remarcă din articol că telemecanizările nu sînt folosite pe o scară prea largă şi se introduc cu circumspecţie.

Răcirea indirectă a turbogeneratoarelor cu condensat, Jirasek M., Energetika (R. Cehoslovacă) **9** (1959), 9, pp. 447—449.

La turbogeneratoarele răcite cu aer sau cu hidrogen sînt destul de frecvente coroziunile provocate de apa de răcire a mediului gazos al generatorului. Pentru a se combate coroziunea ţevilor de cupru sau de alamă ale răcitorului intermediar, respectiv coroziunea îmbinărilor lipite cu cositor, se poate folosi pentru răcire însuşi condensatul turbinei. În felul acesta se economiseşte totodată şi o energie considerabilă, deoarece pierderile termice ale generatorului se recuperează, preîncălzindu-se condensatul cu care se alimentează cazanul.

În timpul iernii condensatul are o temperatură destul de scăzută pentru a răci el singur generatorul exploatat la puterea nominală ; vara condensatul se răceşte suplimentar cu apa turnului de răcire sau cu apă de rîu, înainte de intrarea în răcitorul intermediar al generatorului.

La proiectarea sau comandarea turbogeneratoarelor moderne răcite cu aer sau cu hidrogen se prevede din capul locului o temperatură ceva mai ridicată a mediului gazos, de exemplu 40°C, pentru a se putea ridica şi temperatura de preîncălzire a condensatului în vederea alimentării cazanului. Pentru răcirea eficace a mediului gazos al generatorului, se iau ca bază în calcul vîrfurile zilnice ale temperaturii apei. Aceste vîrfuri prezintă în decursul anului o variaţie sinusoidală cu maximul în iulie şi minimul în ianuarie, iar temperatura mediului gazos al generatorului urmăreşte această sinusoidă fără decalaj de timp, deplasată în sus cu 10 . . . 20°C.

În viitor izolanţii bobinajului vor permite probabil temperaturi mai ridicate ale gazului de răcire (40°C în iulie). ceea ce va mări numărul lunilor cu răcire exclusivă prin condensat, deci cu recuperarea mai intensă a căldurii. Cheltuielile ocazionate de dimensionarea mai largă a răcitorului intermediar de aer (sau de hidrogen) vor fi astfel mai curînd amortizate prin economia de combustibil şi prin evitarea coroziunilor.

Folosirea telemecanicii în exploatarea posturilor de distribuţie de medie tensiune. Bull. S.F.E. nr. 8 (1959), pp. 469—470.

Se arată principiile generale care stau la baza folosirii în Franţa a telemecanizării posturilor. Comparîndu-se exploatarea cu personal permanent cu telemecanizarea şi cu automatizarea staţiei, rezultă în general ca cea mai favorabilă variantă ultima. Într-adevăr, cazurile în care automatizarea este preferabilă telemecanizării este cea a staţiilor cu plecări aeriene sau staţiile cu plecări subterane de importanţă mijlocie

Dimpotrivă, apare mai indicată telemecanizarea staţiilor în care manevrele de exploatare sînt numeroase, adică în reţelele de cabluri de primă importanţă. În astfel de cazuri se pot comanda de la dispecer manevrele de reportare a sarcinilor în regim normal sau manevrele de localizare a avariilor.

Trebuie însă făcută o comparaţie cu folosirea de personal permanent, deoarece s-ar putea ca această soluţie să fie mai avantajoasă.

Condensatoare serie în linia de 22 kV. Richtr J., Energetica (R. Cehoslovacă), **9** (1959), 9 pp. 458—461.

Autorul, laureat al premiului de stat „K. Gottwald" al R. Cehoslovace, a experimentat funcţionarea unei baterii serie de condensatoare, montată într-o linie de 22 kV, care înainte avusese un consum prea mare de energie reactivă. Scopul urmărit a fost completarea experienţei dobîndite cu compensarea longitudinală şi totodată eliminarea unor dificultăţi locale de alimentare.

În cursul acestor încercări a reieşit că în condiţiile date nu există pericolul oscilaţiilor subarmonice şi că nici conlucrarea protecţiei existente a reţelei cu condensatoarele serie nu produce complicaţii. Practic s-a încercat compensarea reactanţei uneia din liniile care funcţionează în paralel cu prima şi s-a verificat protecţia condensatoarelor împotriva supratensiunii.

Soluţia propusă se caracterizează mai ales prin renunţarea la întreruptorul de scurtcircuitare, ceea ce simplifică instalaţia şi reduce preţul de cost, dar măreşte exigenţa faţă de eclatorul propriu-zis. Eclatorul iniţial, de tip obişnuit, n-a corespuns şi a fost necesar să se dezvolte un tip perfecţionat de eclator de protecţie.

Hidroenergetică

Uzinele hidrotehnice mici în legătură cu resursele hidrotehnice ale riurilor din Polonia. Sowinski F. Rozprawy Hydrotehniczne **5** (1959) pp. 3—20.

Comparînd costul centralelor hidroelectrice cu cel al centralelor termoelectrice, o comisie a Academiei de ştiinţe poloneze a ajuns la concluzia că amenajările hidroenergetice sînt economice chiar dacă investiţiile se afectează numai costului energiei electrice.

Trecînd la analiza eficacităţii uzinelor hidroelectrice mici se demonstrează că deşi în general indicii de cost sînt mai ridicaţi decît la uzinele mari, există numeroase cazuri în care costurile specifice sînt apropiate de cele ale uzinelor hidroelectrice de putere medie. În concluzie, autorul recomandă să se studieze comparativ pentru fiecare caz în parte soluţia unor centrale mici sau a unei singure centrale hidroelectrice mari.

Uzina hidroelectrică Aleko (Veţ Aleko) Aleksiev A. Hidrotehnika i Maliorații (R. P. Bulgaria) **4** (1959) 4, pp. 104—108.

Uzina hidroelectrică Aleko reprezintă ultima treaptă a hidrocentrului Batak (R. P. Bulgaria). Apa captată cu ajutorul unui baraj de 8,00 m înălţime, prevăzut cu o vană segment de 3,50 m înălţime şi 15 m lungime este trecută printr-un

denisipator şi apoi în galeria de aducţiune de 9 932 m lungime şi 3,60...3,72 m diametru. Grosimea căptuşelii variază de la 20 la 60 cm.

La ieşirea din aducţiune se găseşte un lac de compensare cu un volum de 169 000 m³ realizat printr-un baraj cu contraforţi de 7 m înălţime. După o scurtă conductă orizontală şi un castel de echilibru urmează conducta forţată, formată din două tronsoane:

— tronsonul amonte aerian cu două conducte, cu diametrul de 2 200 mm;

— tronsonul aval în galerie cu un diametru de 2,90...2,60 m.

Centrala este echipată cu trei turbine Francis verticale având fiecare $Q_i = 10$ m³/s, $P = 23{,}3$ MW, $n = 500$ rot/min, cuplate cu generatoare de 27 MVA, 22 MW, $\cos\varphi = 0{,}82$, $U = 10{,}5$ kV.

Cu un debit instalat total de 30 m³/s şi o cădere brută de 280 m puterea instalată a centralei este de 66 MW. Prin intrarea în funcţiune a centralei puterea instalată a hidrocentrului atinge 226 MW, iar producţia de energie 605,6 GWh/an.

Amenajări mari pentru acumulare prin pompaj (Large scale pomped storage) Water Power **11** (1959) 8, pp 289—294.

Rîul *Ill* (Austria) a fost amenajat pentru o serie de uzine hidroelectrice de vîrf, o parte din ele echipate cu pompe pentru acumulare prin pompaj. Principalele caracteristici ale amenajării sînt date în tabela 1. Amenajarea produce anual 1331 GWh/an energie de vîrf, consumul pentru pompaj atingînd 600 GWh/an. Bilanţul hidroenergetic este prezentat în tabela 2.

Amenajarea cursului superior al riului Vinstra (Upper Vinstra Scheme). Water Power. **11** (1959) 8, pp. 349—353.

După terminarea amenajării cursului inferior al riului Vinstra (Norvegia) cuprinzînd acumulări ce totalizează 536 hm³ şi centrale cu un total de 200 MW, s-a trecut la amenajarea cursului superior al riului.

Principalele lucrări de amenajare sînt:

— barajul de pămînt Öyvann, cu partea centrală de beton de 96 m lungime;

— o galerie de 7,5 km lungime şi 32 m² secţiune, în cea mai mare parte necăptuşită;

— un castel cu puţul avînd 19 m² secţiune, iar camerele superioare şi inferioare respectiv 450 m² şi 180 m²;

— galerie forţată de 520 m, înclinată la 41°, cu partea inferioară blindată;

— centrala subterană avînd 14 m lăţime, 49 m lungime şi 31 m înălţime, echipată cu două grupuri a cîte 65 MW.

— o galerie de fugă de 897 m lungime şi 40 m² secţiune.

De menţionat că cele două turbine Francis de 92 000 CP, 320 m, 428 rot/min sînt sînt cele mai mari executate pînă în prezent în Norvegia.

Tabela 1

Uzina	H_{net} m	Q_i, m³/s Turbine	Q_i, m³/s Pompe	V_u, hm³	Energie acumulată GWh	P_i (MW) Turbine	P_i (MW) Pompe	Producţie anuală GWh	Consum anual pentru pompe GWh
Observermunt	257	14	—	38,6	111,5	29	—	45	—
Vermunt	665	26	—	5,0	5,0	140	—	424	—
Latschau	11...28	40	—	0,1	0,1	8	—	23	—
Roduud	328	60	20	1,0	0,7	170	80	486	64
Lünersee	848	31,5	26,5	76,0	209,0	217	253	353	536
Total					333,4	564	333	1 331	600

Tabela 2

	Energie de (GWh) Vara	Iarna	Total
Potenţial din scurgere naturală	833	139	972
— compensare sezonieră	—168	+168	—
— efectul pompării sezoniere la U.H.E. Lünersee	—44	+44	—
— acumulare prin pompare zilnică la U.H.E. Lünersee	80	121	201
— acumulare prin pompare sezonieră la U.H.E. Lünersee	—	118	118
— acumulare prin po mpare zilnică la U.H.E. Roduud	—	40	40
	701	630	1 331
Consum de energie pentru pompare			
— sezonieră la U. H. E. Lünersee	198	—	198
— zilnică la U.H.E. Lünersee	135	203	338
— zilnică la U.H.E. Lünersee	—	64	64
	333	267	600
Producţie netă de energie	368	363	731

Amenajarea Periyar (Periyar Project) R a y a n D. Water Power **11** (1959) 8, pp. 311—313.

Amenajarea Periyar, din statul Kerala (India), a fost de curînd modernizată.

Bazinul de recepţie atinge 600 km², cu precipitaţii anuale cuprinse între 2 500 şi 5 000 mm. În anul 1890 s-a executat un baraj de 53,6 m înălţime (primul baraj înalt în India), care realiza o acumulare de 283 hm³. Apa era derivată printr-o galerie de 1 760 m lungime, dimensionată pentru 36,8 m³/s, debit utilizat la irigarea a 37 900 ha.

Lucrările de modernizare au cuprins:

— lărgirea galeriei pentru un debit de 45,3 m³/s şi înlocuirea echipamentelor de la priză;

— executarea unui bazin de compensare de 85 000 m³ printr-un baraj de 30,4 m înălţime şi 79 m lungime la coronament;

— excavarea unei galerii de 1 200 m lungime, cu o secţiune recăptuşită de 14,0 m² şi a unui castel de echilibru, continuată prin două galerii forţate de 3,04 m diametru şi 59,1 m lungime;

— montarea a patru conducte forţate de 969 m lungime, cu diametrul de 1,98 ... 1,14 m;

— executarea unei centrale hidroelectrice echipată pentru moment cu trei turbine Francis cu $Q_i = 11{,}3$ m³/s, $H = 376$ m, cuplate cu generatoare de 35 MW.

Uzina hidrotehnică Furnas. Engenharia (Sao Paolo) **17** (1959) 198, p. 488—490.

Uzina hidroelectrică Furnas, pe Rio Grande (Brazilia), în curs de execuţie, cuprinde următoarele uvraje importante:

— Barajul de anrocamente şi pămînt de 120 m înălţime, 500 m lungime la coronament, realizînd o acumulare de 10 miliarde m³.

— Aducțiunea și conducta forțată.

— Centrala cuprinzînd 8 grupuri totalizînd 1 100 MW.

Execuția cuprinde două etape:

1. Construcția lucrărilor hidrotehnice și instalarea a patru grupuri totalizînd 550 MW, din care două vor intra în funcțiune în anul 1962, iar restul în anul 1963.

2. Terminarea centralei este prevăzută pentru anul 1965.

Producția centralei va fi de 5,7 TWh/an, la care se adaugă sporul de producție al centralei Peixoto din aval datorit acumulării, spor care atinge 0,6 TWh/an.

Uzina hidroelectrică Freibach (Das Kraftwerk Freibach) „Osterreichische Zeitschrift für Elektrizitätswirtschaft **12** (1959) 4, pp. 229—244.

Uzina Freibach, amplasată pe rîul cu același nume, afluent al Dravei, este o uzină de derivație cu retenție mică.

Bazinul de recepție are 44,4 km², debitul modul fiind de 1,74 m³/s. Cu un debit instalat de 5,75 m³/s și o cădere de 333,50 m, puterea instalată atinge 15 MW.

Barajul de anrocamente de 41 m înălțime și 150 m lungime la coronament realizează o acumulare cu un volum util de 5, 3 hm³. Aducțiunea este parțial în galerie, avînd o lungime de 2 146 m și 2,00 ... 2,20 m diametru; restul de 2 015 m este constituit dintr-o conductă din beton precomprimat cu 1,70 m diametru.

Conducta forțată are un tronson orizontal de 316 m și apoi coboară pe o lungime de 667 m. Diametrul ei variază de la 1,60 la 1,20 m, iar grosimea tolei de la 8 la 24 mm.

Centrala este echipată cu o turbină Francis cuplată cu un generator de 20 MVA.

Execuția uzinei a durat foarte puțin. Lucrările au fost începute în iulie 1957, iar primele probe de funcționare au avut loc în decembrie 1958.

Energetică nucleară

Raport de la Conferința de la Stresa, Caldwell Davidson, Nuclear Power — Julie (1959), pp. 69—80 și Industries Atomiques (1959), nr. 5—6, pp. 75—80.

La conferință s-au analizat programele de instalare de putere nucleară în Europa, economia și finanțarea acestor programe, legislația nucleară, piețele de combustibil, de echipament și aparataj, precum și gospodărirea întreprinderilor nucleare.

Puterea nucleară, exceptînd U.R.S.S. care a anunțat un program de 2 000 MW pînă în 1960, este planificată să ajungă în Europa pînă în 1965 la circa 8 500 MW (e), din care în Anglia 4 500 MW (5—6 000 MW pînă în 1966), în Franța 950 MW, în Italia 650 MW, în R.F.G. 500 MW, în Belgia 300—500 MW și 1 000 MW în cadrul acordului Euratom. Din acești 8 500 MW, circa 6000 MW vor fi instalați în centrale nucleare cu reactoare cu uraniu natural și 2 500 MW în reactoare cu uraniu îmbogățit.

Concluzia conferinței a fost că CNE nu vor deveni rentabile decît într-un viitor mai mult sau mai puțin îndepărtat, dat fiind că în cea mai mare parte a țărilor europene prețul kWh de origină nucleară va fi pentru mult timp prea ridicat pentru a concura cu prețul kWh clasice. Se speră totuși că avînd în vedere progresele realizate în construcția de CNE și durata mare de funcționare a acestora, energia electrică de origină nucleară să devină economică în Europa în jurul anului 1965.

c. w.

Intrarea în funcțiune a primului reactor cu neutroni rapizi în U.R.S.S. Atomnaia Energhia (1959), nr. 8, p. 193.

La 21 iulie 1959 a intrat în funcțiune reactorul experimental BR-5 cu neutroni rapizi, cu o putere termică de 5 000 kW.

Acesta este destinat rezolvării problemelor de tehnologie legate de construcția marilor centrale nuclearo-electrice.

Spre deosebire de reactoarele cu neutroni termici, care nu pot întrebuința decît U^{235} care se găsește în U natural în proporție de 0,07%, reactoarele cu neutroni rapizi folosesc pentru producerea energiei electrice Th și U^{238}, care se găsește în U natural în proporție de 99,7% și toriu.

Zona activă a reactorului este formată din plutoniu. Răcirea reactorului se face cu sodiu lichid, care la ieșirea din reactor are o temperatură de 450°C.

c. w.

Intrarea în funcțiune a celui de-al treilea reactor de putere în Franța, Atomnaia Energhia (1959) nr. 8, p. 192 și Die Atomwirtschaft (1959), nr. 78, p 192.

La 8 iunie 1959, la Centrul de cercetări nucleare de la Marcoule (Franța), a fost dat în exploatare cel de-al treilea reactor de putere G_3, care funcționează cu uraniu natural, este moderat cu grafit și răcit cu gaze (CO_2).

Reactorul G_3 are o putere termică de 150 MW, respectiv o putere electrică netă de 25 MW.

c. w.

RECENZII

S. N. NIKITIN: Bazele calculelor hidroenergetice. Gosenergoizdat. Moskva-Leningrad 1959.

Volumul „Bazele calculelor hidroenergetice" reprezintă ultima lucrare a candidatului în științe tehnice Serghei Nikitin, decedat în 1955. Prima variantă a lucrării a fost elaborată în perioada în care autorul se afla în R. P. Chineză, unde a colaborat la organizarea învățămîntului hidroenergetic în Institutul Cin-Hua; această variantă a fost publicată la Pekin. Autorul nu a reușit să termine revizuirea materialului pentru ediția rusă. De aceea lucrarea a fost încheiată de un colectiv al catedrei de hidroenergetică din Institutul de Energetică din Moscova, de sub îndrumarea prof. dr. T. L. Zolotarev, redactarea revenind cand. șt. tehn. L. A. Karolem și I. Ia. Simelmiț, iar revizia dr. S. N. Kritkii, prof. dr. V. G. Aivazian și cand. șt. tehn. I. V. Aleksandrov.

Planul general al lucrării prevede împărțirea ei în trei părți:

— partea I (cap. 1—8) cuprinzînd bazele calculelor energetice ale uzinelor hidroelectrice și metodele de stabilire a regularizării debitelor;

— partea a II-a (cap. 9—15) cuprinzînd analiza funcționării uzinelor hidroelectrice în cascadă conectate la un sistem energetic și influența utilizării complexe a resurselor hidraulice;

partea a III-a (cap. 16—23) analizînd metodica de determinare economică a parametrilor uzinelor hidroelectrice.

Fără a insista asupra părții întîi, vom aminti doar că în primele capitole autorul analizează resursele hidroenergetice ale rîurilor, tipurile de scheme ale uzinelor hidroelectrice, căderea și factorii care determină variația ei și în sfîrșit edbitele; în analiza problemei debitelor, autorul nu intră în problemele de hidrologie, ci se ocupă doar de metodele de bază ale calculelor hidrologice, insistînd asupra preciziei pe care aceste calcule o au.

În continuare autorul trece la studiul acumulatoarelor, analizînd întîi problemele generale ale acumulărilor, colmatarea, regimul termic, problema gheșurilor, pierderile de apă prin infiltrație, evaporare și sub formă de sloiuri. Apoi el studiază modul de calcul al regularizării debitelor anuale și supraanuale prin lacuri de acumulare. În sfîrșit în ultimul

capitol al primei părți autorul se ocupă de influența hidroenergetică a lacurilor de acumulare.

Partea a doua începe cu un studiu energetic general, prezentînd întîi problemele legate de consumul de energie (norme, grafice, indici), sistemele energetice (bilanțul sistemului, puterea de rezervă, defalcarea pe centrale hidro și termoelectrice). După aceea el se ocupă în mod detaliat de încadrarea uzinelor hidroelectrice în bilanțul energetic al sistemului. Autorul face diferențierea între bilanțul de energie și de putere și studiază modul în care se încadrează în acest bilanț uzinele hidroelectrice de diferite tipuri: pe firul apei (fără regularizare), cu regularizare orară și anuală. El acordă o importanță deosebită studiului uzinelor hidroelectrice cu regularizare orară, pentru care analizează atît încadrarea în graficele zilnice cît și în cele anuale.

Trecînd la probleme de gospodărire, autorul se ocupă de întocmirea schemelor dispecer în diferite perioade: de golire a lacurilor de acumulare, de umplere a lacurilor în anii secetoși, în cazul regularizării multianuale etc. Este de semnalat, ca deosebit de interesantă, problema utilizării prognozei hidrologice în întocmirea planului dispecer anual. După această prezentare a problemelor uzinelor hidroelectrice lucrînd independent din punct de vedere hidraulic, S. N. Nikitin trece la studiul aceloraşi probleme în cazul unui sistem hidroenergetic în cascadă. În sfîrşit, el trece la calculele hidroenergetice în cazul schemelor de utilizare complexă a apelor.

În partea a treia autorul se ocupă întîi de caracteristicile economice ale centralelor și sistemelor, cum și de asigurarea puterii și energiei uzinelor hidroelectrice. Urmează expunerea metodicei de stabilire a parametrilor de bază ai uzinelor, principiile de stabilire și de alegere a echipamentelor.

Ultimele două capitole sînt capitole de concluzii generale ale volumului. Dintre acestea trebuie relevat primul, care analizează urmările încălcării regimului de funcționare normală a uzinelor unui sistem.

Primul lucru care iese în evidență în momentul consultării volumului este modul modern de a privi problemele. Deși lucrarea are în special un scop didactic, fiind redactată în primul rînd pentru uzul studenților de la facultățile de specialitate, autorul nu a căutat să simplifice problemele studiind cazurile uzinelor hidroelectrice funcționînd izolat într-un sistem energetic propriu, deși, în scopuri didactice, aceasta ar fi putut fi justificat. Se poate constata în permanență preocuparea autorului de a încadra uzinele hidroelectrice în sistemul energetic și de a le trata ca o parte componentă a sistemului.

Autorul scoate în evidență caracteristica anumitor uzine hidroelectrice de a nu fi legate numai energetic (în sistem), ci și hidraulic, prin așezarea lor în cascadă pe același riu, și analizează influența acestei duble legături asupra regimului de funcționare.

În sfîrșit el mai arată că apa se utilizează în alte scopuri decît cele hidroenergetice și caută să arate modul în care pot fi satisfăcute diferitele folosințe. Această parte este însă privită numai din punct de vedere hidroenergetic, căruia autorul îi acordă o preponderență, care în realitate nu există totdeauna.

Deși atacă problema calculelor hidroenergetice în modul acesta complex, lucrarea este deosebit de clară. De aceea sistematizarea materialului trebuie relevată în mod special.

În sfîrșit trebuie insistat asupra numeroaselor metode noi ale autorului pentru diferite calcule hidroenergetice, contribuția personală originală fiind mult mai sensibilă decît este uzual la cursuri universitare. De aceea lucrarea este recomandabilă nu numai studenților, ci este deosebit de utilă proiectanților care se ocupă de problemele hidroenergetice.

Indreptar pentru construcția și securitatea exploatării conductelor de abur și apă fierbinte Ugletehizdat, 1959, 40 pag, 3 anexe.

Comitetul de inspecție a securității lucrărilor din industria și inspecția minieră de pe lîngă Consiliul de Miniștri al U.R.S.S. a editat un îndreptar scurt pentru construcția și securitatea exploatării conductelor de abur și apă fierbinte. Aceste norme sînt obligatorii pentru toate ministerele și departamentele din U.R.S.S. Broșura în care sînt cuprinse aceste norme cuprinde nouă capitole, și anume: generalități, materiale, cerințele constructive ale conductelor, confecționarea și montarea conductelor, sudura conductelor, întreținerea conductelor, vopsirea și marcarea conductelor, cercetarea avariilor și accidentelor și încheierea.

Aceste norme sînt redactate pe baza unor norme mai vechi și au meritul de a fi îmbunătățite prin introducerea unor elemente noi, care, deși în ultima vreme erau cunoscute, nu erau reglementate. De exemplu, raza de curbură a conductelor cu diferite destinații era fixată la limite destul de rigide, în timp ce în noile norme aceasta nu se limitează. Se dau indicații în ce privește folosirea, pentru conductele de apă fierbinte, a coturilor sudate, din segmenți, pentru autocompresoare: „pentru conducte de categoria 2-a punctul — a (abur saturat la 39 ata și 450°C) și categoriile 3 și 4 (abur sau apă fierbinte cu parametri de pînă la 22 ata și 350°C și respectiv apă fierbinte de pînă la 16—18 ata și 120°C sau 1—16 ata și 250°C) se pot folosi compensatoare U cu coturi din segmenți sudați cum și cu coturi cu guși din țevi de aceeași calitate ca și conducta de bază". Se spune chiar mai mult, și anume că „se pot folosi coturi și din tablă".

Un loc însemnat în cadrul capitolului „Sudura conductelor" îl ocupă problema controlului sudurii. În afară de controlul exterior și încercările mecanice ale epruvetelor la conductele din categoria 1 și 2 „*b*" (abur și apă la parametrii de peste 80 ata și 120°C), se fac și analize metalografice. Sudura conductelor din categoriile amintite se analizează în proporție de 5 % din lungimea cusăturii și după metoda roentgen și raze γ.

Instrucțiunile prezentate în îndreptarul de față sînt aplicabile pentru toate conductele din centralele electrice și instalațiile energetice (cu excepția celor din limita cazanelor de abur) și a căror parametri depășesc presiunea de 2 ata și temperatura de 120°C.

În cele trei anexe pentru uniformizarea înregistrării lucrărilor de montaj conducte și încercări de instalații, echipamente și alte elemente care lucrează în condițiile inițial subliniate, în îndreptar se dau modele de taloane.

Ing. **G. Colț**

I. P. 2, c. 549

СОДЕРЖАНИЕ

ДК 621.165.002.2

Săftoiu Gh.: **Характерное решение по вопросу применения турбинных лопастей изготовленных на предприятии „Энергорепарация".**

Рассматриваются основные технологические аспекты производства турбинных лопастей на предприятии „Энергорепарации". Весьма характерно является значительное количество изготовляемых разнообразных профилей, выполняемых мелко-и средне-серийным способом. Отмечаются новейшие примененные конструктивные решения, их положительные результаты в эксплуатации, а также достижение значительной экономии в стоимости продукции.

Energetica 8 (1960) nr. 4, p. 145—148

ДК 621.438.001.3

Iacobovici Th.: **Двигатели со свободными поршнями. Теоретические соображения.**

Автор излагает принципы работы и области применения двигателей со свободными поршнями или, что является более правильным, газогенераторов со свободными поршнями, представляющими собой двухтактные двигатели изобарного сжигания, используемые в качестве генераторов горячих газов под давлением для питания газовых турбин.

Energetica 8 (1960) nr. 4, p. 149—152

ДК 621.315.1:621.316.9 9.002

Soare D., Stoleru B.: **Соображения по вопросу заземления сетей низкого напряжения.**

В статье излагаются применяемые в настоящее время в Румынии методы заземления сетей низкого напряжения. Затем предлагается заземление металлических и железо-бетонных опор для линий на 380/220 в, при проведении ряда дополнительных мер: правильного расчета плавких предохранителей и установки заземлительного провода в нижней части опоры.

Energetica 8 (1960) Nr. 4, p. 153—158

ДК 621.315.668.3.001.24

Nedelcu O.: **Расчет кручения опор линии электропередачи, состоящих их двух столбов связанных хомутами.**

В данной работе, являющейся трудом инженера-конструктора, специалиста по вопросам энергетического строительства, освещается проблема расчета опор линии электропередачи, состоящих из двух железобетонных столбов, связанных горизонтальными хомутами.

Energetica 8 (1960) Nr. 4, p. 158—167

ДК 621.314.2:621.313.3.004.5

Grosu Şt.: **Методы и оборудование для испытания трансформаторов и двигателей в течение эксплуатации.**

Статья написана инженером специалистом по машиностроению и электроаппаратуре и предназначена для эксплуатационного персонала, обслуживающего двигатели и трансформаторы. Дается описание ряда практических методов, достижений в области энергетической эксплуатции по вопросам испытания на местах соответствующего энергетического оборудования.

Energetica 8 (1960) Nr. 4, p. 168—172

ДК 621.311.22.005/004.5

Golici D.: **Защита трубопроводов для транспорта угля против коррозии.**

Energetica 8 (1960) Nr. 4, p. 173—177

ДК 621.315.1:621.395.44.005

Vlădeanu V., Budaşcă V.: **Установка несущих токов для телефонных линий с применением проводов для высоковольтной линии.**

Energetica 8 (1960) Nr. 4, 177—178

НА ПРЕДПРИЯТИЯХ ★ ЗАРУБЕЖНАЯ ЭНЕРГЕТИКА ★ ДОКУМЕНТАЦИЯ ★ РЕЦЕНЗИИ

INHALTSVERZEICHNIS

DK 621.165.002.2

Săftoiu Gh.: **Besondere Lösungen für die Erzeugung von Turbinenschaufeln im Werk „Energoreparații".**

Es werden die wichtigsten herstellungstechnischen Fragen der Erzeugung von Turbinenschaufeln im Werk „Energoreparații" erörtert. Die grosse Anzahl verschiedenartiger Profile, die in kleinen und mittleren Serien erzeugt werden müssen, ist für die Herstellungsweise bestimmend. Es wurden neuartige Erzeugungsverfahren durchgesetzt, welche im Betrieb gute Erfolge erzielt und bedeutende Kostensenkungen gezeigt haben.

Energetica 8 (1960) H. 4, S. 145—148

DK 621.438.001.3

Iacobovici Th.: **Theoretische Betrachtungen über Motoren mit freiem Kolben.**

Der Verfasser erörtert die Grundlagen der Wirkungsweise und den Anwendungsbereich der Freikolbenmotoren. Es handelt sich eigentlich um Gasgeneratoren mit freiem Kolben, welche Zweitaktmotoren mit isobarer Verbrennung darstellen und als Heissluftgeneratoren für unter Druck stattfindente Speisung von Gasturbinen verwendet werden.

Energetica 8 (1960) H. 4. S. 149—152

DK 621.315.1:621.316.99.002

Soare D. und Stoleru B.: **Betrachtungen über Nullpunktschaltung in Niederspannungsnetzen.**

Es werden die gegenwärtig im Inland verwendeten Verfahren für die Nullpunktschaltung in Niederspannungsnetzen dargestellt. Die Nullpunktschaltung der Stahl- und Stahlbetonmasten der 380/220 V- Leitungen wird mit gleichzeitiger Einführung einiger zusätzlicher Massnahmen vorgeschlagen und zwar: richtige Bemessung der Sicherungen und Anbringung von Nulleitern an den unteren Mastteilen.

Energetica 8 (1960) H. 4, S. 153—158

DK 621.315.668.3.001.24

Nedelcu O.: **Torsionsberechnung der aus zwei verklammerten Masten bestehenden Träger von Freileitungen.**

Der von einem Bauingenieur und Fachmann für Konstruktionsfragen der Energieanlagen verfasste Beitrag behandelt die Berechnungsverfahren für aus zwei Stahlbetonmasten bestehenden, mit wadgerechten Klammern verbundenen Trägern.

Energetica 8 (1960) H. 4, S. 158—167

DK 621.314.22:621.313.2.004.5

Grosu Şt.: **Verfahren und Geräte für Nachprüfung von Umspannern und Motoren im Betrieb.**

Der von einem Konstruktionsfachmann für elektrische Maschinen und Apparate geschriebene Aufsatz ist dem Bedienungspersonal der Motoren und Transformatoren gewidmet. Es werden eine Reihe praktischer Verfahren zwecks Nachprüfung der im Betrieb befindlichen energieerzeugenden Anlagen beschrieben.

Energetica 8 (1960) H. 4, S. 168—172

DK 621. 311.22.005/004.5

Golici D.: **Erosionsschutz der Kohleförderanlagen.**

Energetica 8 (1960) H. 4, S. 173—177

DK 621.315.1:621.395.44:005

Vlădeanu V. und Budaşcă V.: **Trägerfrequenzgeräte für Fernsprechverbindung mittels der Hochspannungsleitungen.**

Energetica 8 (1960) H. 4, S. 177—178

AUS DEN BETRIEBEN ★ ENERGIEWIRTSCHAFT IM AUSLAND ★ DOKUMENTIERUNG ★ REZENSIONEN

SOMMAIRE

CD 621.165.002.2

Săftoiu Gh.: **Solutions spécifiques dans le problème de l'utilisation des aubes de turbines fabriquées à l'entreprise „Energoreparații".**

On présente les aspects techniques les plus importants de la fabrication des aubes de turbine à l'entreprise „Energoreparații". Cette fabrication se caractérise par le grand nombre de profils variés qui doivent être confectionnés dans des quantités de petite et moyenne série. De nouvelles solutions de construction se sont imposées, qui ont donné de bons résultats à l'exploitation et ont conduit à la réalisation d'importantes économies.

Energetica 8 (1960) no. 4, p. 145—148

CD 621.438.001.3

Iacobovici Th.: **Les moteurs à pistons libres Considérations théoriques.**

Dans un article de synthèse et de présentation, l'auteur expose le principe de fonctionnement et le domaine d'utilisation des moteurs à pistons libres — ou plus correctement — des génératrices de gaz à pistons libres, lesquelles sont des moteurs à deux temps à combustion isobare que l'on emploie comme génératrices de gaz très chauds sous pression pour l'alimentation des turbines en gaz.

Energetica 8 (1960) no. 4, p. 149—152

CD 621.315.1:621.316.99.002

Soare D. et Stoleru B.: **Considérations au sujet de la connexion au zéro dans les réseaux basse tension.**

L'article comprend un exposé des méthodes actuelles employées pour la connexion au zéro dans les réseaux basse tension de notre pays. En continuant, on propose la connexion au zéro des supports métalliques et en béton armé des lignes de 380/220 V, tout en prenant des mesures additionnelles, à savoir: le dimensionnement correct des coupe-circuits à fusible et le montage du conducteur de zéro dans la partie inférieure de mât.

Energetica 8 (1960) no. 4, p. 153—158

CD 621.315.668.001.24

Nedelcu O.: **Le calcul, en cas de torsion, des supports de ligne de transmission, constitués de deux mâts assemblés au moyen de brides.**

Ce travail, écrit par un ingénieur-constructeur, spécialiste en matière de constructions énergétiques, traite du problème du calcul des supports de lignes de transmission d'énergie électrique, constitués de deux mâts en béton armé assemblés par des brides horizontales.

Energetica 8 (1960) no. 4, p. 158—167

CD 621.314.2:621.313.3.004.5

Grosu Șt.: **Méthodes et outillages pour l'essai des transformateurs et des moteurs au cours de l'exploitation.**

L'article est élaboré par un ingénieur spécialiste en matière de constructions mécaniques et d'appareils électriques à l'intention du personnel d'exploitation des moteurs et des transformateurs. On décrit une série de méthodes pratiques, les réalisations obtenues dans les exploitations énergétiques, concernant l'essai sur place de l'équipement énergétique respectif.

Energetica 8 (1960) no. 4, p. 168—172

CD 621.311.22.005/004.5

Golici D.: **La protection des conduites de transport du charbon contre l'érosion.**

Energetică 8 *(1960)* nr. 4, p. 173—177

CD 621.315.1:621.395.44.005

Vlădeanu V. et Budașcă V.: **Équipement pour courants porteurs pour liaisons téléphoniques, utilisant les lignes de haute tension**

Energetica 8 (1960) no. 4, p. 177—178

NOUVELLES DE NOS ENTREPRISES ★ L'ÉNERGÉTIQUE À L'ÉTRANGER ★ DOCUMENTATION ★ COMPTES-RENDUS

CONTENTS

DC 621.165.002.2

Săftoiu Gh.: **Specific solutions in the problem of utilizing turbine blades made at the enterprise „Energo-Reparații"**

The most important technical aspects of the manufacture of turbine blades at the enterprise „Energo-Reparații" are presented. It is characterized by the great number of various profiles which have to be made in small and mean series quantities.

New constructional solutions got necessary which have yielded good results in working and lead to achievement of important savings.

Energetica 8 (1960) no. 4, p. 145—148

DC 621.438.001.3

Iacobovici Th.: **Free pistons motors. Theoretical considerations.**

In a synthesis and presentation paper, the author deals with the operation principle and the utilization sphere of free pistons gas-generators which are 2-stroke motors with isobaric combustion, used as hot gas generators under pressure for feeding turbines with gases.

Energetica 8 (1960) no. 4, p. 149—152

DC 621.315.1:621.316.99.002

Soare D. and Stoleru B.: **Considerations corcerning connection at zero in low-voltage networks**

The paper comprises a description of the methods to-day in use for connectiong at zero in the low-voltage network in our country.

Continuing, it is suggested to connect at zero the metallic and reinforced concrete masts of the 380/220 V lines, in taking certain additional measures, viz. correct dimensioning the safety-fuses and mounting the zero conductor on the lower part of the mast.

Energetica 8 (1960) no. 4, p. 153—158

DC 621.315.668.001.24

Nedelcu O.: **The calculus in case of torsion of transmission line supports, composed by two pylones assembled by flanges**

The paper — written by a building engineer, specialist in energetical constructions — deals with the problem of calculating the electrical power transmission lines supports constituted of two reinforced concrete pylones assembled by horizontal flanges.

Energetica 8 (1960) no. 4, p. 158—167

DC 621.314.2:621.313.3.004.5

Grosu Șt.: **Methods and instruments for testing in working the transformers and motors**

The article is written by an engineer, specialist in building machines and electrical apparatus, for the purpose of calling the attention of the personnel occupied in the exploitation of transformers and motors. A series of practical methods, achievements performed in energetical workings, for testing on the very spot the respective energetic equipment, are described.

Energetica 8 (1960) no. 4, p. 168—172

DC 621.311.22.005/004.5

Golici D.: **The protection of coal pipe lines against erosion.**

Energetica 8 (1960) no. 4, p. 173—177

DC 621.315.1:621.395.44.005

Vlădeanu V. and Budașcă V.: **Equipment for carrier currents for telephone circuits using the high voltage lines conductors.**

Energetica 8 (1960) no. 4, p. 177—178

FROM OUR ENTERPRISES ★ ENERGETICS ABROAD ★ DOCUMENTATION ★ BOOK REVIEWS

Expoziția franceză de utilaj industrial

Între 16 și 24 mai a.c. va avea loc în București, Garajul I.T.B.-Șos. Nordului București-Băneasa, o expoziție franceză de utilaje.

Dintre exponantele prezentate, realizări ale tehnicii franceze menționăm :

— *transformatoare ;*
— *contactoare de putere medie ;*
— *întreruptoare cu aer comprimat ;*
— *mașină de fabricat bobine de transformator ;*
— *separator de 110 și 220 kV ;*
— *utilaje pentru fabricarea pilelor plate.*

S-a prevăzut ținerea unei conferințe cu privire la problemele transportului de energie electrică de înaltă tensiune.

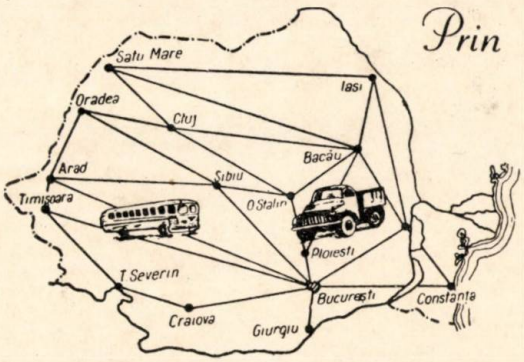
Tehnicieni francezi vor sta la dispoziția specialiștilor romîni pentru explicații și demonstrații practice.

Vizitarea expoziției de către cadrele tehnice din țara noastră, se va face pe baza unor programări, care să permită vizitatorilor, o examinare amănunțită a exponantelor prezentate.

CĂLĂTORIȚI

și EXPEDIAȚI MĂRFURILE

CU MIJLOACE DE TRANSPORT PUBLICE



ÎNTREPRINDEREA REGIONALĂ

de TRANSPORT AUTO

BUCUREȘTI

Str. SPĂTARU PREDA Nr. 5 – TEL. 13.86.24-15.71.79

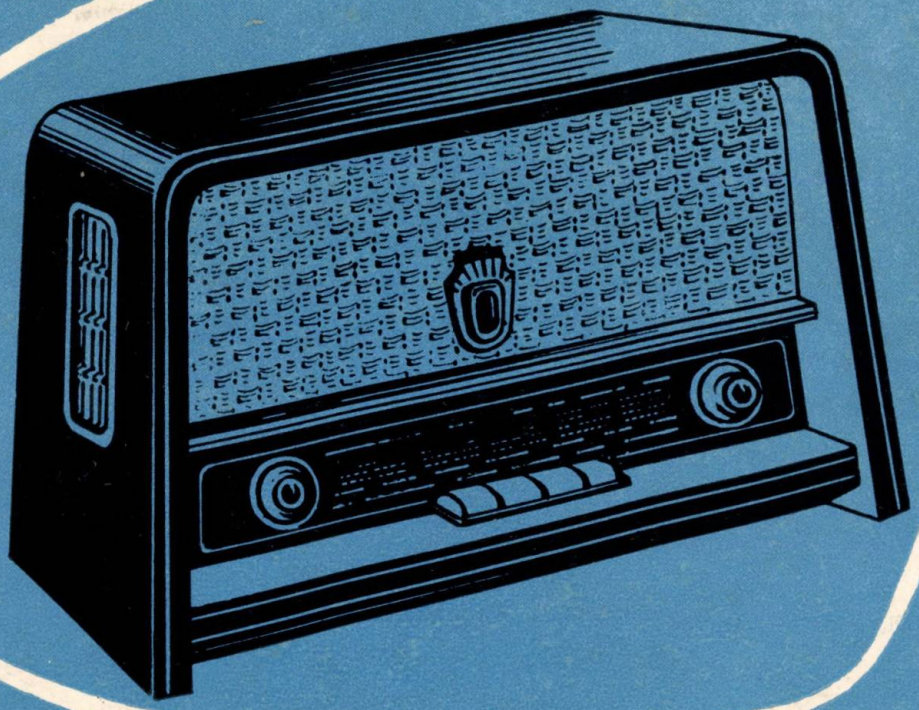
ELECTRONICA

VĂ OFERĂ PENTRU ANUL 1960
RADIORECEPTORUL DORIT DE DVS.

„BUCUREȘTI 500"

S 593 A

Peformanțe excelente pe toate lungimile de undă.
Prevăzut cu două difuzoare permanent dinamice, aparatul vă oferă o audiție minunată datorită cîmpului sonor uniform ce se va crea în apartament.
Indicatorul optic de acord oferă posibilitatea unui acord rapid și precis.
Caseta armonios îmbinată este plăcută ochiului și dă o notă de eleganță oricărui interior.



BUCUREȘTI 500 S 593 A

ELECTRONIC
Uzină de piese și aparate de rad televizoare și electronică industri
Strada Baicului nr.
Telefon: 12 19 40, 12 19 46, 12 19
București

E 2039

REFERALVA

ENERGETICA

5

Energetica — Vol. 8 — mai

nr. 5/1960 — p. 193-240 — București

1960

Recomandări privind întocmirea articolelor tehnico-științifice

1. FONDUL ARTICOLELOR

1.1. *Lucrări* ce pot fi prezentate spre publicare :

1.1.1. *De importanță generală* (principii noi, dispoziții noi, rezultate experimentale originale, studii teoretice inedite ale unor fenomene fizice și procese tehnice cu caracter general).

1.1.2. *Tehnico-științifice speciale, teoretice sau experimentale* având contribuții originale dar referindu-se la un domeniu de specialitate restrîns (extinderea valabilității unor dispoziții, aplicarea unor teorii sau metode cunoscute la o problemă nouă, rezultate experimentale inedite sau de control) ;

1.1.3. *Tehnice obișnuite* (expunerea studiului unor probleme tehnico-științifice, discuții și critici ale unor rezultate cunoscute etc.).

1.2. *Legătura cu practica* muncii de cercetare, proiectare învățămînt, producție este condiția esențială pe care trebuie să o îndeplinească tema tratată. Lucrările de sinteză sau de discuție trebuie să se refere la probleme noi și actuale, de interes general. Articolele interesînd industria vor cuprinde considerații privind eficiența economică a soluțiilor. Se recomandă ca articolele să posede propuneri de viitor.

1.3. *Verificarea experimentală* se impune ca necesitate de prim ordin la lucrările care se pretează la asemenea verificări.

1.4. *Lucrările* care au mai fost publicate integral sau parțial nu pot fi trimise redacției spre publicare.

2. FORMA ARTICOLELOR

2.1. *Organizarea* lucrării

2.1.1. *Titlul* va prezenta, în minimum de cuvinte, obiectul lucrării.

2.1.2. *Numele* autorului va fi precedat de prenume.

2.1.3. *Un scurt rezumat* fixînd premisele de la care s-a pornit problema studiată și cadrul în care este tratată nedepășind 6—8 rînduri se va anexa lucrării.

2.1.4. *Împărțirea* pe capitole se va face cu cîteva subtitluri potrivit alese, în număr strict necesar pentru o expunere clară a ideilor și înlesnirea orientării.

2.1.5. *Textul*. În introducere, se încadrează problema în preocupările generale ale disciplinei și în preocupările producției ; de asemenea se arată scopul lucrării, subliniindu-se expres contribuția autorului. Tratarea va trebui să fie unitară permițînd inteligibilitatea fără dificultăți a problemelor. Se vor evita introduceri sau demonstrații voluminoase, de asemenea se va evita repetarea în text a ceea ce poate fi găsit în literatura publicată sau poate fi redat intuitiv prin materialul grafic-ilustrativ, tabele etc.

2.1.6. *Concluziile* vor concentra rezultatele obținute, cu indicarea limitei de valabilitate și aplicațiile posibile.

2.1.7. *Anexele* pot cuprinde demonstrații originale sau absolut necesare înțelegerii formulelor din text ; de asemenea, în anexe se pot da exemple de calcul în cazul articolelor care necesită asemenea exemple.

2.1.8. *Citarea literaturii de specialitate*. Afirmațiile luate din alte lucrări și care nu sînt general cunoscute vor fi referite la lista bibliografică de la sfîrșitul lucrării. Referirea se face indicîndu-se poziția lucrării în lista bibliografică, în paranteze drepte.

2.2. *Prezentarea* lucrării

2.2.1. *Nivelul* articolelor va fi înalt.

2.2.2. *Stilul*. Redactarea va fi clară și concisă. Ortografia va fi în concordanță cu regulile Academiei R.P.R. Nu se admit prescurtări, cu excepția celor unanim cunoscute.

2.2.3. *Dezvoltările matematice* vor fi limitate la cele absolut necesare înțelegerii raționamentului matematic. Este suficient, în general, punerea în ecuație și indicarea rezultatelor. Pentru demonstrații se vor alcătui anexe (v. pct. 2.1.7).

2.2.4. *Tabelele* se vor folosi în cazul cînd date numerice importante nu pot fi reprezentate grafic satisfăcător. Nu se admite folosirea concomitentă a datelor numerice sub formă de tabelă și diagramă. Tabelele vor fi referite în text și se va indica sursa lor.

2.2.5. *Materialul grafic ilustrativ* (figuri, fotografii) va permite reprezentarea clară și intuitivă a unor idei, puncte de vedere. Ele trebuie să completeze expunerea din text și vor fi referite cu grijă în text indicîndu-se sursa lor.

2.2.6. *Sistematizarea și numerotarea* capitolelor se va face cu grijă evitîndu-se excesele. Se recomandă utilizarea sistemului zecimal.

2.3. *Forma exterioară a lucrării*

2.3.1. *Terminologie, mărimi și unități*. Se recomandă a fi conforme cu normele internaționale și STAS-urile în vigoare.

2.3.2. *Scrierea formulelor*. Se recomandă o atenție deosebită scrierii formulelor conform STAS. Indicii și exponenții se vor scrie mai mici decît baza și așezați mai jos sau mai sus decît baza. Se vor scrie, de asemenea, cu grijă literele majuscule, minuscule sau cele rusești, romane, grecești, germane etc.
Numerotarea formulelor se va face în dreapta în paranteze rotunde.

2.3.3. *Figurile* trebuie executate unitar și rațional. Ele vor fi numerotate în continuare. Fotografiile vor fi pe hîrtie strălucitoare alb-negru. Explicația figurilor se va face pe o pagină separată.

2.3.4. *Notele* din text se numerotează în continuare.

2.3.5. *Citarea* literaturii în text se face prin simpla indicare a poziției lucrării din cadrul listei bibliografice, în paranteze drepte, fără alte mențiuni.

2.3.6. *Lista bibliografică* se va întocmi cuprinzînd lucrările la care se referă textul (cît și figuri sau tabele), speciale cît și cele generale. Se vor indica toate datele în transcripții originale. Pentru cărți : numele complet, prenumele prescurtat, titlul complet (eventual și tradus, în paranteze), ediția, editorul, locul editării, anul. Pentru articole : numele complet, prenumele prescurtat, titlul complet original (eventual și tradus, în paranteze), revista, tomul, anul, numărul, pagina.

2.3.7. *Scrisul la mașină* al articolelor este recomandat cu insistență, excepționîndu-se lucrările scrise caligrafic. Se scrie pe o singură față, la două rînduri (2 000 semne pe pagină). În partea stîngă a foii se lasă o margine de 5 cm.

2.3.8. *Paginația* se face în continuare. Se recomandă un volum de 10—12 pagini pentru articole.

2.3.9. *Expedierea*. Lucrările (în dublu exemplar) vor fi prinse cu agrafe. Manuscrisul se expediază cu paginile întinse format A4 și cu plicul conținînd materialul grafic-ilustrativ anexat.

3. RELAȚII CU REDACȚIA

3.1. Nu se admite trimiterea concomitentă a textului la alte publicații.

3.2. Articolele se trimit cu o notă însoțitoare pe adresa redacției. În notă se va indica : titluri academice, funcțiuni, localitatea și adresa domiciliului, nr. de telefon.

3.3. Lucrările executate în cadrul diverselor instituții sau organizații vor purta aprobarea acestora de publicare.

3.4. Corecturile se vor face după normele tipografice în vigoare.

3.5. Corecturile trimise autorilor vor fi înapoiate în maximum 48 ore de la primire. Nu se admit modificări esențiale față de manuscris. Modificările importante ale manuscrisului cad în sarcina autorului.

ENERGETICA

ANUL 8 Nr. 5 MAI 1960

CUPRINS

CZ. 621.315.23.027.3

Vicol P. și Lăzărescu S. : **Linii electrice subterane de foarte înaltă tensiune. Construcția primei linii subterane de 110 kV în orașul București.**

Autorii descriu în cadrul unui studiu al rețelelor subterane de cablu de înaltă tensiune, legătura în cablu construită pentru alimentarea unei stații de transformare de 110 kV amplasată în centrul orașului.

Energetica 8 (1960) nr. 5, p. 193—206.

CZ. 621.34 : 681.14 : 621.311.177

Penescu C. : **Utilizarea convertorilor analog-numerici.**

Autorul tratează, ca specialist în domeniul automatizărilor, problema convertirii mărimilor necesare conducerii prin dispecer a sistemelor electrice din mărimi măsurate după procedeul analog în mărimi exprimate numeric și invers. În continuare se descrie modul de funcționare al convertorilor analog-numerici și se analizează performanțele realizabile cu acele aparate și perspectivele utilizării lor în țara noastră.

Energetica 8 (1960) nr. 5, p. 207—214

CZ. 537.749 : 537.122 : 621.187

Vezeanu P. : **Despre nivelmetre cu surse radioactive și folosirea lor la cazanele de abur.**

În articol se arată posibilitatea folosirii izotopilor radioactivi pentru măsurarea nivelului apei în tamburul cazanelor de abur, descriindu-se diverse tipuri de nivelmetre bazate pe acest principiu.

Energetica 8 (1960) nr. 5, p. 214—217

CZ. 621.791.75.004.4 : 614.8

Grosu St. : **Aspecte din tehnica securității la sudura electrică cu arc.**

Autorul, constructor de mașini electrice, descrie preocupările sale legate de cercetarea modului de comportare în exploatare a aparatelor de sudură electrică construite în țară și indică măsuri practice de luat de constructori și în special de exploatanți în vedere sporirii securității față de pericolul de electrocutare.

Energetica 8 (1960) nr. 5, p. 217—223

DIN PRODUCȚIE

CZ. 658.5/6. : 621.311.152 : 664.7

Reusz Gh. : **Măsuri pentru reducerea consumului de energie în mori.**

Energetica 8 (1960) nr. 5, p. 223—225

ENERGETICA PESTE HOTARE

CZ. 621.311.2.001.1(497)

Filotti A. : **Perspectivele hidroenergeticii bulgare în perioada 1960—1965.**

Energetica 8 (1960) nr. 5, p. 225—227

CZ 621.183

Colț Gh. : **Compensatoare cu presetupă pentru conducte cu abur.**

Energetica 8 (1960) nr. 5, p. 228—231

DISCUȚII

CZ. 621—714.001.13

Măruță Al. : **Notă cu privire la problema dimensionării aproximative (prealabile) a turnurilor de răcire.**

Energetica 8 (1960) nr. 5, p. 231—233

CRONICA

CZ. 621.311.22/23(498.31)

Ostap C. și *Saviuc V.* : **60 de ani de la punerea în funcțiune a centralei electrice din Iași.**

Energetica 8 (1960) nr. 5, p. 234—239

CZ. 621.311.1(498.11)

Ștefănescu Radu I. : **Începuturile energiei electrice în București.**

Energetica 8 (1960) nr. 5, p. 239.

RECENZII, p. 240.

COMITETUL DE REDACȚIE

Prof ing. **I. D. STANCESCU**, redactor responsabil, conf. ing. **C. MIHĂILEANU**, redactor responsabil adjunct, conf. ing. **I. A. BADEA**, prof. ing. **M. BERCOVICI**, membru corespondent al Academiei R.P.R., laureat al Premiului de Stat, ing. **M. COGALNICEANU**, conf. ing. **E. CONSTANTINESCU**, ing. **P. DIMO**, laureat al Premiului de Stat, prof. ing. **C. DINCULESCU**, membru corespondent al Academiei R.P.R., ing. **I. V. HERESCU**, conf. ing. **N. MOLDOVEANU**, prof. ing. **C. PENESCU**, ing. **T. POPA**, ing. **S. SĂNDULESCU** și ing. **P. VICOL**

Revista „**ENERGETICA**", organ al Asociației Științifice a Inginerilor și Tehnicienilor din R.P.R. și al Ministerului Industriei Grele. Redacția : București, Str. Ion Ghica Nr. 3, Raion Tudor Vladimirescu, Telefon 16.78.78 — Administrația și Casieria : București, Calea Victoriei, Nr. 118, Raion I. V. Stalin, Telefon 14.06.24 — Revista este editată de A. S. I. T. — Abonamentele se primesc la administrația revistei, la sediul filialelor A. S. I. T. din întreaga țară și prin responsabilii cu presa din cercurile A.S.I.T. — Instituțiile pot achita abonamentele pentru biblioteci și cabinetele tehnice în contul nostru de virament : Publicațiile Tehnice A.S.I.T. 070124 B.R.P.R. Filiala I. V. Stalin — București — Tarif pentru întreprinderi : lei 100 anual. — Tarif pentru muncitori, tehnicieni și ingineri : lei 30 anual — Prețul unui exemplar : lei 5 — Tiparul : Întreprinderea Poligrafică Nr. 2, București.

ENERGETICA

ANUL 8
1960
Nr. 5
M A I

ORGAN AL ASOCIAȚIEI ȘTIINȚIFICE A INGINERILOR ȘI TEHNICIENILOR DIN R.P.R. ȘI AL MINISTERULUI INDUSTRIEI GRELE

Linii electrice subterane de foarte înaltă tensiune. Construcția primei linii subterane de 110 kV în capitală

Ing. PAVEL VICOL și ing. *STELIAN LĂZĂRESCU*

I. Introducere

Dezvoltarea rapidă a marilor orașe, creșterea lor ca suprafață construită și ca densitate și mărime a clădirilor, precum și ridicarea continuă a standardului de viață al populației au dus la o sporire considerabilă a nevoilor energetice în aceste centre.

În țările socialiste, unde condițiile de dezvoltare și progres sînt mult mai favorabile, această creștere este și mai accentuată, ceea ce a făcut să se înregistreze, în unele cazuri, dublarea vîrfului de sarcină în 7—8 ani.

Din această cauză, în ultimii 20 de ani s-a constatat o dezvoltare fără precedent a rețelelor energetice urbane, atît ca întindere și complexitate, cît și ca tensiuni nominale.

Astfel peste rețelele urbane de 6—10 kV, denumite inițial „de înaltă tensiune", a trebuit să se prevadă rețele de 30—40 kV. Acestea au devenit curînd insuficiente și a trebuit să fie suprapusă o rețea urbană de 110 kV, iar în ultimul timp pentru alimentarea marilor orașe au fost introduse rețele urbane de 220 kV.

Pe de altă parte, în orașele moderne, condițiile edilitare-urbanistice din ce în ce mai severe au impus eliminarea continuă a rețelelor aeriene și utilizarea aproape exclusivă a cablurilor subterane.

Ca urmare s-a dezvoltat fabricarea cablurilor subterane de foarte înaltă tensiune, înregistrîndu-se în ultimul timp în acest domeniu progrese însemnate.

Și în Capitala țării noastre, dezvoltarea foarte rapidă din ultimii ani și utilizarea intensivă a suprafețelor de construcție din zona centrală a orașului, ca și măsurile unui larg plan de modernizare edilitară au dus la creșterea masivă a consumului de energie electrică în zona centrală, ceea ce a necesitat introducerea unei rețele urbane de 110 kV în cablu subteran. În prezent s-a construit prima porțiune din această rețea, care va alimenta o importantă stație de 110/35/10 kV ce se construiește în centrul orașului.

II. Caracteristicile cablurilor de foarte înaltă tensiune

Generalități. Pentru orientare asupra problemelor care se pun la construcția liniilor subterane de foarte înaltă tensiune, vom da cîteva indicații constructive asupra cablurilor utilizate în acest domeniu.

Este știut că pentru tensiunile joase și medii (1—35 kV) cea mai largă utilizare, în special în Europa, o au tot cablurile cu izolație obișnuită de hîrtie uleiată, datorită comportării lor corespunzătoare din punct de vedere tehnic și economic de-a lungul a zeci de ani de exploatare.

Peste conductoarele izolate, aceste cabluri sînt prevăzute cu o manta de protecție din Pb sau Al. Pînă la 15 kV se utilizează de obicei o singură manta comună pentru toate conductoarele, iar peste 15 kV cele mai curente tipuri de cablu folosesc cîte o manta separată pentru fiecare conductor.

Trebuie menționată în domeniul tensiunilor 1—35 kV introducerea tot mai frecventă, în ultimii 10 ani, a cablurilor izolate în mase plastice avînd în unele cazuri și mantaua de protecție din material plastic, cabluri care, pentru anumite utilizări, au devenit de folosire curentă.

Izolația. Aproape fără excepție pentru izolația cablurilor de foarte înaltă tensiune este

folosită hîrtia impregnată în ulei, care constituie un dielectric compus, avînd caracteristici tehnice rezultate. Este stabilit că rigiditatea dielectrică a benzilor de hîrtie este cu atît mai mare cu cît grosimea lor este mai mică și cu cît densitatea lor (g/cm³) este mai mare. Ca urmare se realizează la fabricarea cablurilor o gradare a izolației. În consecință, în apropierea conductorului unde cîmpul electric este mai intens se vor înfășura benzi de hîrtie mai subțiri (0,02—0,08 mm) și de densitate mai mare, iar spre exterior benzi mai groase (0,17 mm) și de densitate mai mică. Hîrtia trebuie să aibă o serie de proprietăți speciale mecanice : rezistență, flexibilitate etc. Pentru a se evita apariția unor fenomene electrice neplăcute, înfășurarea benzilor de hîrtie se face după o tehnologie și cu mașini speciale, cu decalarea pasului straturilor și menținerea unor spații între spire.

Ecranarea. Peste 15 kV începe să apară efectul dăunător al cîmpurilor tangențiale asupra hîrtiei uleiate. De la 110 kV acest efect se accentuează puternic. Prin acțiunea de ionizare se slăbește sensibil rigiditatea dielectrică a hîrtiei, ceea ce duce la distrugerea în timp a izolației. Pentru evitarea sau limitarea acestor neajunsuri, peste 15 kV se procedează la ecranarea cablurilor prin aplicarea pe izolamentul fiecărei vîne conductoare sau direct pe conductor a unei foițe subțiri de hîrtie metalizată (cu un strat de Al de 0,01—0,02 mm), care constituie o suprafață echipotențială servind pentru uniformizarea cîmpului și eliminarea componentei tangențiale. În prezent se utilizează pentru acest scop, în anumite condiții, și hîrtie carbon semiconductoare, fiind mult mai ieftină. Hîrtia semiconductoare aplicată direct pe conductor îmbunătățește și calitățile lui electrice : mărește rigiditatea dielectrică, ameliorează variația pierderilor dielectrice în funcție de temperatură, elimină neuniformitățile gradientului de potențial pe suprafața conductorului, previne acțiunea chimică nocivă care poate apărea la contactul dintre conductor și dielectric etc. Ecranarea mărește cu peste 200% durata de acțiune a tensiunii de străpungere.

Fenomene caracteristice tensiunilor înalte. Peste 35 kV cablurile de tip obișnuit nu mai corespund condițiilor electrice create de creșterea tensiunii. Dacă principalele elemente rămîn aproximativ aceleași, ca de ex. : izolația de hîrtie, mantaua de Pb, ecranarea, totuși trebuie introduse modificări constructive esențiale datorită condițiilor electrice noi.

Dintre fenomenele electrice caracteristice tensiunilor foarte înalte (de la 110 kV în sus) și care determină condițiile constructive la cablurile pentru aceste tensiuni, reținem :

1. Existența și creșterea pierderilor dielectrice impune micșorarea sarcinilor admisibile în cablu, conform curbelor din fig. 1.

2. Problema stabilității termice a cablului devine importantă. Pierderile dielectrice cresc cu temperatura, ele pot deveni mai mari decît căldura evacuată provocînd un dezechilibru termic, care duce

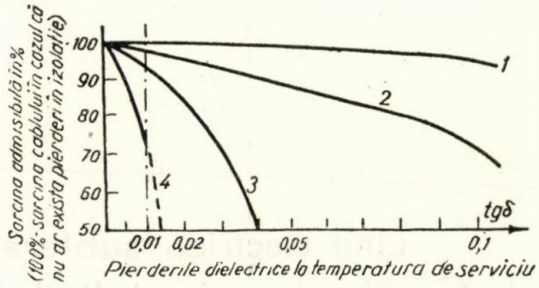


Fig. 1. Influența pierderilor dielectrice (tg δ) asupra sarcinii admisibile pentru cabluri de î.t. pozate în aer : *1* — cablu de 30 kV ; *2* — cablu de 110 kV ; *3* — cablu de 220 kV ; *4* — cablu de 400 KV ;

la o străpungere termică a izolației, fenomene care în general nu apar decît peste 35 kV (apare o perforație în izolație de 3—10 mm ⊘ cu marginile carbonizate).

În fig. 2 se arată variația pierderilor dielectrice cu temperatura la un cablu 35 kV și efectul folosirii unui ecran semiconductor.

În fig. 3 se prezintă grafic problema stabilității termice. Curbele a_1 și b_1 reprezintă pierderile în conductor și pierderile totale într-un cablu de 400 kV la un curent de 450 A, iar

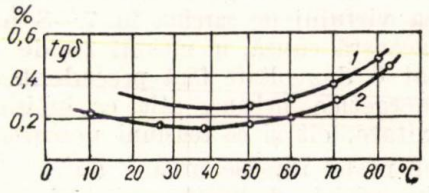


Fig. 2. Variația pierderilor dielectrice cu temperatura la un cablu de 35 kV : *1* — cablu fără ecran ; *2* — cablu cu ecran semiconductor.

curbele a_2 și b_2 aceleași pierderi la un curent de 500 A. În abscisă avem temperatura mantalei de Pb, iar în ordonată pierderile în w pe m de cablu.

Dreapta d reprezintă căldura dispersată în mediul înconjurător.

Punctul P de intersecție al dreptei d cu curba b_1 reprezintă condiția echilibrului termic stabil, deoarece peste o anumită temperatură căldura care poate fi dispersată depășește căldura rezultată din pierderile totale, deci nu apare pericolul unei creșteri continue a temperaturii. Punctul Q de intersecție al dreptei d cu curba b_2 reprezintă o situație de echilibru nestabil. Acesta fiind un punct de tangență, căldura dispersată în mediu ambiant

(dreapta *d*) acoperă numai la limită pierderile totale în cablu, existînd permanent pericolul unui dezechilibru termic. Aceasta arată că curentul de 500 A trebuie considerat ca o suprasarcină periculoasă pentru cablul respectiv.

Un caz şi mai dezavantajos îl constituie curba *c*, care reprezintă un cablu cu un dielectric de caracteristici inferioare, la care, la

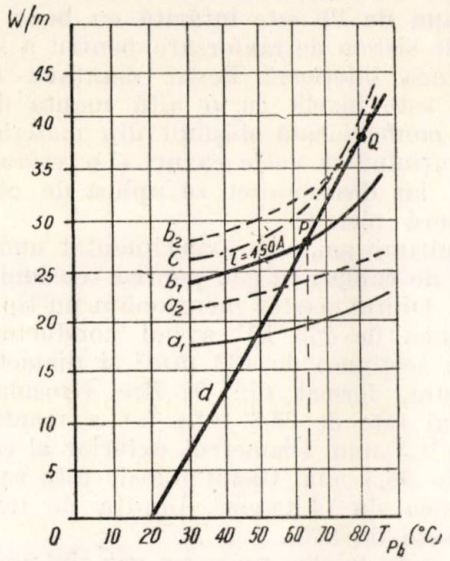


Fig. 3. Diagrama stabilităţii termice la un cablu de 380 kV.

sarcina care ar trebui să corespundă secţiunii cablului, căldura generată este mai mare decît cea dispersată, din cauza pierderilor dielectrice excesive. Pentru a permite o funcţionare termic stabilă a acestui cablu, este necesară micşorarea sub 450 A a încărcării lui nominale. Aceasta arată rolul important al conductibilităţii termice a solului în stabilitatea termică a cablurilor.

Trebuie menţionat că problema stabilităţii termice se pune în mod special la cablurile de tensiuni foarte înalte.

3. Fenomenul de ionizare se accentuează cu creşterea gradientului de potenţial. El este provocat de acţiunea incluziunilor şi bulelor de gaz din izolaţie, care sub efectul cîmpului electric duc la dezintegrarea în timp a dielectricului, aşa cum s-a arătat mai înainte.

4. Diferenţa de dilatare termică între masa izolantă şi mantaua de Pb şi mai ales faptul că în timpul răcirii cablului mantaua de Pb nu-şi mai revine la forma iniţială provoacă formarea de goluri şi puncte de vid în izolaţie în care apar incluziuni de gaz şi au loc fenomene de ionizare, care duc de asemenea la o rapidă deterioare a dielectricului.

5. Din punct de vedere constructiv, în afară de problemele specifice fabricării cablurilor de tensiuni foarte înalte, măsurile speciale ce se iau la fabricarea acestor cabluri sînt :

— micşorarea limitei încovoierilor admise în timpul fabricaţiei ;

— respectarea strictă a parametrilor geometrici la aplicarea benzilor de hîrtie ;

— stabilirea prin relaţii matematice a legăturii între datele constructive (unghiul de înfăşurare a benzilor de hîrtie uleiată, pasul de înfăşurare, frecarea între aceste benzi etc.)

III. Folosirea presiunii pentru cablurile de tensiuni foarte înalte

Pentru micşorarea efectelor acestor fenomene, pentru mărirea rigidităţii dielectrice şi pentru micşorarea grosimii izolaţiei, în domeniul tensiunilor foarte înalte s-au introdus cablurile sub presiune. Înainte de a prezenta diferitele cabluri sub presiune, vom aminti pe scurt efectul acestui element.

Se foloseşte presiunea realizată elastic asupra unui mediu lichid sau gazos, care o transmite fie direct asupra dielectricului în interiorul mantalei de protecţie, fie asupra mantalei din exteriorul ei.

Mărirea presiunii izolaţiei de hîrtie uleiată a unui cablu permite mărirea gradientului de potenţial de străpungere a acelui cablu.

În curba din fig. 4 se arată influenţa favorabilă a presiunii asupra rigidităţii dielectrice, la cablurile izolate cu hîrtie uleiată, funcţionînd la curenţi de frecvenţă industrială de 50 Hz.

În fig. 5 se arată variaţia rigidităţii dielectrice de durată în funcţie de presiune la un cablu cu circulaţie de ulei.

În acelaşi sens apare efectul favorabil al presiunii şi la cablurile cu gaz, asigurîndu-le un gradient de potenţial ridicat de funcţionare.

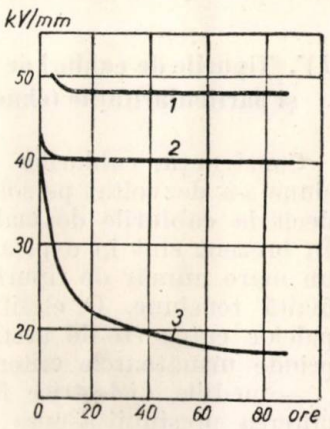


Fig. 4. Influenţa presiunii asupra curbei de variaţie a rigidităţii dielectrice în funcţie de durata de aplicare a tensiunii :

1 – izolaţie din hîrtie uleiată sub presiune de 12 k/cm^2. *2* – idem sub 3 kg/cm^2 ; *3*-idem fără presiune suplimentară.

Prezenţa presiunii împiedică sau limitează mult formarea golurilor şi punctelor de vid care favorizează ionizarea şi deteriorarea cablului.

Pentru cablurile cu circulaţie de ulei sub presiune redusă, valoarea presiunii are din

punct de vedere electric o importanță mai mică. Din punct de vedere mecanic însă este important ca uleiul să se poată dilata sau contracta ca urmare a variațiilor sale de temperatură,

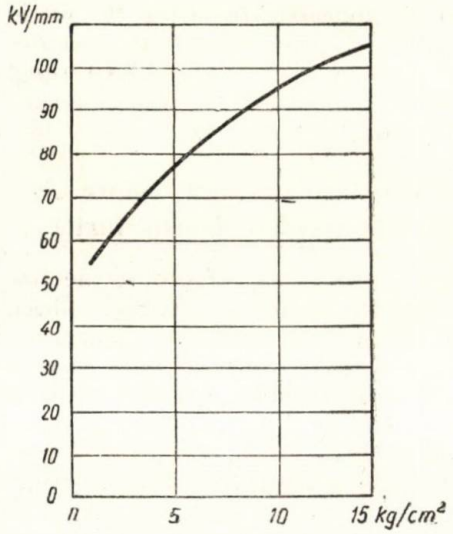


Fig. 5. Rigiditatea dielectrică de durată în funcție de presiune la cablurile cu circulație de ulei.

fără ca să apară variații excesive de presiune și deci solicitări mecanice periculoase pentru cablu.

Necesitatea părăsirii cablurilor obișnuite în domeniul tensiunilor foarte înalte este ilustrată de faptul că la aceeași secțiune, un cablu cu gaz sub presiune poate transporta o putere superioară, cu 70%, iar unul cu circulație de ulei cu 140%.

Utilizînd rezultatele electrice ale aplicării unei presiuni asupra dielectricului, constructorii de cabluri au pus la punct diferite tipuri constructive pe care le vom examina mai jos.

IV. Tipurile de cabluri de foarte înaltă tensiune și particularitățile tehnologiei lor de pozare

Construcția cablurilor de foarte înaltă tensiune s-a dezvoltat pe soluții mult mai variate decît la cablurile de înaltă și joasă tensiune. În prezent sînt în exploatare sau în fabricație un mare număr de tipuri de cabluri de foarte înaltă tensiune. O clasificare largă a principalelor categorii de asemenea cabluri ar cuprinde următoarele criterii:

— mediile dielectrice folosite pentru transmiterea presiunii asupra izolației și ca agent pentru evacuarea căldurii din cablu; acestea sînt două: uleiul curat de transformator sau un gaz inert (azotul);

— plasarea acestui mediu dielectric și exercitarea presiunii de către el se pot face fie din interiorul mantalei de Pb ranforsată în acest scop la cablurile numite și „self-contained", fie din exteriorul mantalei de Pb la cablurile montate în țevi de oțel.

Cablul cu gaz cu presiune internă. La acest tip de cablu conductoarele sînt izolate în hîrtie impregnată, peste care este aplicat stratul de hîrtie metalizată. Între acest dielectric și mantaua de Pb care-l acoperă se lasă un spațiu umplut cu un gaz inert sub presiune de 5—15 kg/cm², în funcție de tensiunea de serviciu. Mantaua de Pb este întărită cu benzi de Cu sau alt sistem de ranforsare pentru a suporta presiunea interioară. Peste mantaua de Pb cablul este învelit cu o altă manta de protecție confecționată obișnuit din material plastic conținînd în unele cazuri și o țesătură metalică, iar deasupra ei se aplică de obicei o armătură metalică.

În ultimii ani, s-au experimentat numeroase tipuri de cabluri cu gaz pentru tensiuni foarte înalte. Dintre acestea menționăm un tip pentru tensiunea de 275 kV avînd conductorul de Cu cu secțiunea de 433 mm² și diametrul de 42,7 mm, format din 91 fire. Grosimea izolantului este de 23,6 mm, iar a mantalei de Pb de 4,3 mm. Diametrul exterior al cablului este de 96,5 mm. Gazul folosit este azot sub presiunea de 14 kg/cm². Limita de temperatură este de 85°C.

Punctele de alimentare cu gaz sînt prevăzute la distanță de cîțiva km. Un cablu pilot de 2 fire, inserat în cablu de forță, permite realizarea unei protecții automate contra scăpărilor de gaz sau căderilor de presiune.

Cablurile cu gaz sînt păstrate, transportate și pozate cu o presiune interioară care depășește cu o anumită valoare presiunea atmosferică. După pozarea cablului se face umplerea cu gaz la presiunea nominală și montarea dispozitivelor de siguranță și automatizare.

În fig. 6 se prezintă o schemă de principiu pentru alimentarea și reglajul presiunii într-un cablu cu gaz. Comanda supapei pneumatice se face electric. La scăderea presiunii în cablu, manometrul cu contact 7 comandă electric deschiderea supapei 3 pentru încăr-

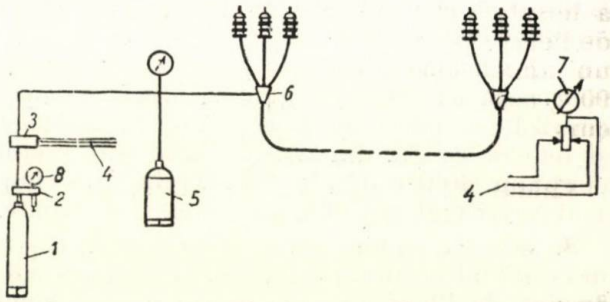


Fig. 6. Schemă de principiu pentru reglarea, prin comandă electrică, a presiunii într-un cablu cu gaz:

1 — rezervor de l.p. *2* — reductor; *3* — supapă pneumatică comandată electric; *4* — circuit electric de comandă; *5* — rezervor de egalizare; *6* — cutie terminală cu racord de gaz; *7* — manometru cu contact; *8* — manometru de control

carea cablului cu gaz, iar la creşterea presiunii în cablu acelaşi manometru comandă evacuarea în atmosferă tot prin supapa *3*. Instalaţia este prevăzută şi cu o supapă de siguranţă.

Sînt şi alte scheme pentru alimentarea cu gaz pe principii oarecum similare.

Unele tipuri de cablu cu gaz, au instalat în interiorul cablului, în lungul său, un tub din Cu sau alt material corespunzător, prin care se face alimentarea cu gaz în fiecare manşon de înnădire, iar din acesta, prin intermediul unor diafragme gazul pătrunde în tronsoanele de cablu adiacente.

La aceste cabluri, în cazul unei scăpări de gaz, presiunea tinde să scadă şi în transoanele sănătoase, chiar dacă sînt prevăzute pe cablu manşoane de oprire.

Pentru a elimina acest neajuns s-au introdus cablurile cu gaz cu tub elastic. La acest cablu în afară de tubul de Cu care face alimentarea cu gaz a fiecărui manşon, se mai instalează în cablu un al doilea tub elastic confecţionat dintr-un cauciuc special, pe care sînt practicate un număr de orificii foarte fine, care permit trecerea gazului numai dinspre interior în spre exteriorul tubului şi numai dacă presiunea din interiorul tubului este superioară celei din exterior cu circa 0,5 A. Aceste orificii rămîn închise dacă presiunea din exterior, adică din spaţiul dielectricului, este superioară celei din tub.

Acest tub elastic este racordat în fiecare manşon cu tubul de Cu de alimentare printr-o supapă specială şi el asigură alimentarea uniformă cu gaz în toate punctele unui tronson. Cablul este prevăzut şi cu un sistem perfecţionat de semnalizări electrice.

Gazul folosit în mod obişnuit pentru cablurile cu presiune de gaz este azotul datorită proprietăţilor sale corespunzătoare. Studiile şi experienţele întreprinse în continuare asupra caracteristicilor electrice ale diferitelor gaze sub presiune au arătat comportarea foarte bună a hexafluorurii de sulf, care are însă un punct de lichefiere relativ jos. S-a constatat însă că un amestec de 10% hexafluorură de sulf şi 90% azot are o rigiditate dublă faţă de azotul curat.

Cablul cu compresiune exterioară de gaz

Se execută în două tipuri :

— un tip tripolar sau unipolar la care conductoarele izolate şi învelite individual într-o membrană de Pb întărit cu Cu sînt introduse în mantaua propriu-zisă de Pb, de asemenea ranforsată pentru solicitări mecanice mari, în interiorul căreia se introduce gaz la presiunea de 14 kg/cm^2 ;

— al doilea tip (fig. 7), la care cele 3 conductoare constituind cablul trifazic sînt de fapt 3 cabluri monopolare sub Pb trase printr-o ţeavă de oţel pozată în prealabil în situaţie definitivă şi în care se creează apoi presiunea prescrisă.

Tipurile mai noi ale acestor cabluri, care aveau anumite dezavantaje, au înlocuit mantaua de Pb cu una de polietilen care funcţionează ca o membrană. Aceasta a fost întărită mecanic cu 2 benzi de alamă sau alt material corespunzător.

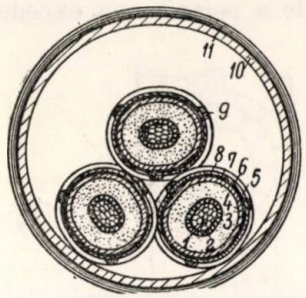


Fig. 7. Secţiune într-un cablu în ţeavă cu gaz sub presiune :
1 — conductor ; *2* — ecran ; *3* — izolaţie ; *4* — ecran ; *5* — manta de Pb ; *6* — hîrtie bitumizată ; *7* — bandă de Cu ; *8* — hîrtie bitumizată ; *9* — spirală de sîrmă semirotundă ; *10* — ţeavă de oţel ; *11* — înveliş exterior de protecţie.

Presiunea ridicată din interiorul ţevii de gaz, aplicată asupra izolaţiei, determină o structură mai densă a acesteia, care se menţine chiar dacă dispare presiunea.

Cablurile montate în ţeavă cu presiune de gaz, introduse de circa 25 ani, cîştigă tot mai mult teren şi în Europa. În prezent sînt montate circa 1700 km asemenea cabluri între 60—220 kV. Conductoarele avînd o secţiune uşor ovalizată sînt izolate, ecranate şi protejate fiecare în mantaua de Pb separat. Ele se pozează în ţevi de oţel lungi de 10—12 m, prevăzute cu o protecţie chimică şi electrolitică de durată. Etanşeitatea instalaţiei de ţeavă se verifică cu manometre diferenţiale speciale, iar protecţia electrolitică se probează cu tensiune de 25 kV de înaltă frecvenţă.

Folosirea cablurilor cu gaz simplifică construcţia canalizării faţă de cele cu ulei, pozarea lor comportînd totuşi o tehnologie specială.

După unii autori, cablurile montate în ţevi cu presiune de gaz se apropie sensibil de cele cu circulaţie de ulei. Ele comportă o siguranţă de funcţionare internă corespunzătoare, ca urmare a construcţiei lor interioare, şi o înaltă siguranţă externă, ca urmare a protecţiei speciale pe care o asigură ţeava de oţel.

Chiar dacă apar puncte de neetanşeitate, sînt numeroase procedee de depistare şi remediere a lor. Numai din punct de vedere al capacităţii de transport cablurile cu ulei sînt superioare celor cu gaz. Printre alte avantaje ale cablurilor montate în ţevi este şi posibilitatea schimbării cablurilor fără a mai efectua lucrări de canalizare.

Cabluri cu circulaţie de ulei sub presiune redusă. Acestea sînt cele mai răspîndite cabluri de foarte înaltă tensiune.

La aceste cabluri, impregnantul, care este ulei curat de transformator, circulă liber în

cablu, de obicei printr-un canal central, scăldînd dielectricul care este hîrtia.

Odată cu creşterea sarcinii electrice a cablului, creşte temperatura conductorului şi a izolamentului, la început mai brusc şi apoi mai lent. În consecinţă, uleiul se dilată. Cablul cu circulaţie de ulei se bazează pe principiul de a permite ca excedentul de ulei, cauzat de creşterea temperaturii la creşterea sarcinii electrice, să poată fi evacuat din cablu prin canalul central. În aceste cabluri uleiul se găseşte sub o presiune redusă, a cărei valoare maximă nu poate depăşi 2 — 3 atm.

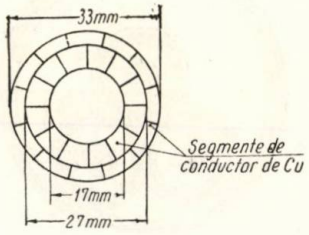


Fig. 8. Conductor tubular pentru cablu de foarte înaltă tensiune.

Proprietatea fundamentală a acestui cablu constă în faptul că, realizîndu-se o permanentă circulaţie a uleiului, nu este posibilă formarea micilor goluri şi incluziuni în izolaţie care provoacă fenomenul de ionizare.

Eliminîndu-se posibilitatea apariţiei incluziunilor, se poate mări temperatura de serviciu şi deci sarcina nominală a cablului cu 30—40%.

Pe de altă parte, fiind exclusă ionizarea, se poate mări gradientul de potenţial, deci tensiunea de funcţionare.

Acest cablu este deci indicat pentru transportul de puteri mari. Cablurile cu circulaţie de ulei se utilizează sub formă de cabluri monopolare pentru tensiuni foarte înalte, ca 110, 132, 220, 400 kV.

După cum am arătat, cablul monopolar cu circulaţie de ulei are un canal central format de obicei dintr-o spirală din sîrmă de oţel foarte subţire, peste care este montat conductorul tubular de Cu, confecţionat în diverse moduri, din fire sau segmente profilate. Diametrul canalului central este cuprins în general între 10—17 mm.

În fig. 8 este arătat un tip de asemenea conductor tubular.

Peste conductor se aplică straturi de hîrtie carbon semiconductoare.

Izolaţia este formată din hîrtie special tratată, dispusă în straturi compacte de grosime adecuată tensiunii de serviciu.

Peste izolament se aplică ecranul format din hîrtie metalizată, avînd uneori şi un strat de hîrtie carbon, şi apoi se învelește totul în mantaua de Pb.

Apoi, în condiţii speciale de lipsă de umiditate, se introduce uleiul pentru a obţine o impregnare perfectă şi se ataşează la cablu un rezervor racordat cu cablul etanş.

Din acest moment cablul rămîne în legătură permanentă cu acest rezervor de presiune, care se instalează chiar în interiorul tamburului pe care se rulează cablul.

La cablurile cu circulaţie de ulei cu presiune redusă, la care, după cum am spus, presiunea uleiului nu depăşeşte 2—3 kg/cm, mantaua de Pb este întărită cu benzi de Cu, peste care se montează o a doua manta de Pb ca protecţie. În ultimul timp, a doua manta de Pb a fost înlocuită cu straturi de cauciuc natural sau sintetic sau de material plastic, alternate cu bitum, care oferă în afară de protecţia chimică şi o protecţie electrolitică.

Deoarece s-a constatat că unele din aceste straturi nu-şi păstrează integral impermeabilitatea în timp, s-a pus la punct o cămaşă exterioară de protecţie din cauciuc special vulcanizat.

Pentru cablurile monopolare nu se aplică deasupra şi o armătură metalică.

Cînd profilul canalizării prezintă denivelări mari, care ar ridica presiunea interioară peste limitele admise, cablul poate fi separat prin manşoane de oprire (tampon) în mai multe secţiuni în care presiunea să nu depăşească 3—4 kg/cm^2.

La extremităţile şi pe parcursul canalizărilor cu cabluri cu circulaţie de ulei se montează, o dată cu pozarea acestora, rezervoare special construite care preiau excedentul variabil de ulei ce ia naştere în timpul funcţionării cablului.

Aceste rezervoare sînt de 2 tipuri, diferite funcţional şi constructiv, şi anume : cu presiune constantă sau cu presiune variabilă. Ambele tipuri de rezervoare sînt astfel construite pentru a evita orice contact al uleiului cu aerul ambiant.

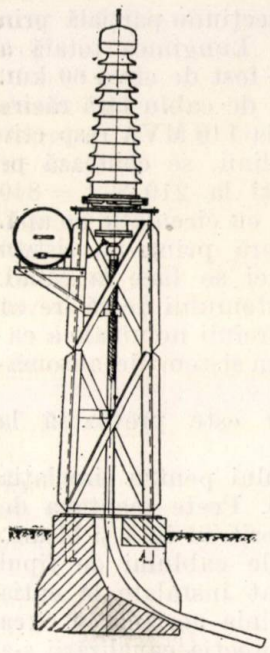
a) Rezervorul cu presiune constantă este format din celule lamelare din tablă elastică de formă circulară avînd 50 cm ∅ şi 2—4 cm grosime, suprapuse una peste alta şi toate în comunicaţie cu un tub lateral, racordat în cablu. Celulele sînt montate în rezervorul propriu-zis, în care se află ulei curat pînă la un anumit nivel, care le acoperă. Acest ulei are drept scop să protejeze celulele contra coroziunii şi el nu are nici un fel de contact cu uleiul din cablu.

În rezervor, deasupra acestui ulei de protecţie se exercită presiunea atmosferică, prin intermediul unui uscător de aer.

Rezervorul se montează la un nivel mai ridicat decît oricare din punctele cablului, inclusiv cutiile terminale, şi el funcţionează pe principiul vasului de expansiune de la o instalaţie de încălzire centrală. Capacitatea rezervorului trebuie astfel dimensionată ca să poată prelua surplusul de ulei care apare la temperatura maximă a cablului.

La temperatura minimă (iarna cu cablul scos din funcţiune) tot uleiul reintră în cablu sub acţiunea gravitaţiei.

b) Rezervorul cu presiune variabilă e format tot dintr-o serie de celule, care, spre deosebire de primele, sînt neelastice și închise ermetic și conțin un dop de aer sau gaz sub o ușoară presiune. Rezervorul în care sînt montate aceste celule este de asemenea închis ermetic și conține ulei în comunicație cu cablul printr-un tub de Pb. Cînd pătrunde în rezervor excesul de ulei care apare la încălzirea cablului, aerul sau gazul din celule își micșorează volumul și își mărește presiunea după legea gazelor perfecte. Cînd se răcește uleiul, această presiune îl împinge înapoi în cablu.



←
Fig. 9. Cutie terminală de tip exterior și rezervor cu presiune variabilă pentru un cablu cu circulație de ulei.

Presiunea în rezervor poate fi reglată la montaj în anumite limite, comprimînd mai mult sau mai puțin punga de aer sau gaz prin introducerea în rezervor a unei anumite cantități de ulei. Deoarece astfel se poate regla presiunea inițială a cablului, nu mai este necesar ca rezervorul să fie plasat la un nivel mai ridicat decît cablul.

În fig. 9 se arată schematic amplasarea unei cutii terminale și a rezervorului sub presiune variabilă.

La dimensionarea și stabilirea condițiilor de instalare și de funcționare a instalațiilor de cablu cu circulație de ulei, trebuie avute în vedere :

— fluxul de ulei (excedentul de ulei l/s);

— rezistența de frecare pe canalul central (dependentă de vîscozitatea uleiului);

— lungimea de alimentare;

— denivelarea traseului.

În fig. 10 se arată un cablu cu circulație de ulei de 220 kV.

El se compune dintr-un conductor tubular de 350 mm², cu diametrul exterior de 28 mm, montat pe o spirală din sîrmă de 0,6 mm Ø. Izolația din hîrtie are o grosime de 24 mm. Conductorul izolat este acoperit cu 2 mantale de Pb, între care se află o bandă de ranforsare din alamă. Deasupra este un înveliș textil. Diametrul exterior este de 97 mm, iar greutatea de 27,3 kg/ml. Curentul nominal este de 420 A. Cele 3 cabluri monopolare se pozează în vîrfurile unui triunghi echilateral într-o tubulatură de beton din elemente prefabricate de 1 m lungime.

Cablurile cu circulație de ulei pot fi pozate direct în pămînt, în canale, în galerii, în aer (ferite de razele directe ale soarelui) și în apă.

În timpul operațiilor de pozare, cablul trebuie să fie permanent sub o presiune interioară superioară celei atmosferice, pentru a evita pătrunderea aerului și umidității.

După pozarea și confecționarea manșoanelor conform instrucțiunilor tehnologice speciale, acestea se umplu cu ulei degazeificat, după ce în prealabil în interiorul lor s-a făcut vid foarte ridicat. Se verifică apoi circulația de ulei normală și se montează rezervoarele în locurile prevăzute. Tuburile de legătură ale acestora trebuie alese corespunzător, pentru a nu cauza pierderi de presiune prea mari.

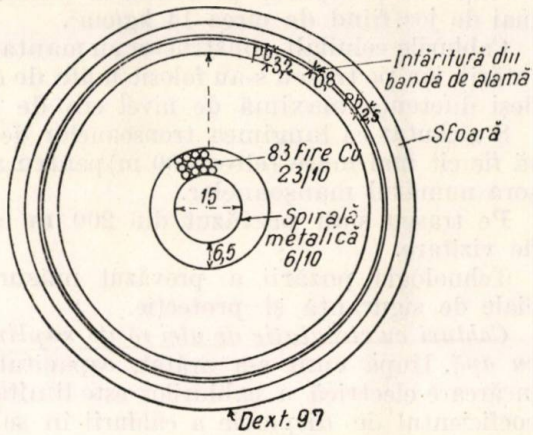


Fig. 10. Cablu cu circulație de ulei pentru 220 kV.

Cablurile cu circulație de ulei sub presiune înaltă. În multe cazuri — fie pentru a reduce numărul de manșoane de oprire, fie pentru a mări gradientul de potențial de funcționare a cablului — se utilizează cablurile cu ulei sub presiune înaltă, la care mantaua de Pb este puternic ranforsată, pentru a rezista în condiții de siguranță la o presiune de 10—20 kg/cm².

În acest mod se reduc : grosimea izolației, diametrul exterior și greutatea, față de cablul cu presiune redusă, sau se poate ridica tensiunea de funcționare. De exemplu, un cablu cu ulei destinat pentru 150 kV la presiune redusă poate funcționa la 220 kV sub presiune înaltă. Pe de altă parte la canalizările lungi este posibilă eliminarea sau reducerea punctelor de alimentare intermediare.

La cablurile de 220 kV sub presiune înaltă, aceasta este 10 kg/cm², iar la cele de 400 kV, presiunea este de 18—25 kg/cm².

Gradientul de potențial atins la aceste cabluri este de 160 kV/cm.

Trebuie însă menționat că nu se poate fructifica suficient avantajul ce se obține în creșterea rigidității la frecvența industrială prin mărirea presiunii, deoarece rigiditatea dielectrică la impuls nu crește în aceeași măsură, fapt care limitează oarecum folosirea acestor cabluri.

Un exemplu de utilizare a cablurilor cu circulație de ulei îl constituie un complex de 4 canalizări subterane de 230 kV în lungime totală de 70 km executat în cabluri de tip monopolar cu circulație de ulei pozate în tuburi de beton. Pentru 2 canalizări cablurile s-au livrat de un constructor, iar pentru celelalte 2 de un alt constructor, pozarea executîndu-se de fabricile constructoare ale cablului. Deși condițiile tehnice impuse constructorilor au fost aceleași, aceștia au rezolvat oarecum diferit problemele.

Cablurile primului constructor sînt cu manta de Al fără manșoane de oprire, deși diferența de nivel maximă a canalizării respective este circa 100 m.

Alimentarea cu ulei sub presiune se face de la o stație de pompare, presiunea în punctul cel mai de jos fiind de circa 14 kg/cm².

Cablurile celuilalt constructor au manta de Pb întărit, iar pe traseu s-au folosit mufe de oprire, deși diferența maximă de nivel era de 90 m.

S-a căutat ca lungimea tronsoanelor de cablu să fie cît mai mare (circa 600 m) pentru a micșora numărul manșoanelor.

Pe traseu s-au prevăzut din 200 m cămine de vizitare.

Tehnologia pozării a prevăzut măsuri speciale de siguranță și protecție.

Cabluri cu circulație de ulei răcite suplimentar cu apă. După cum s-a arătat, capacitatea de încărcare electrică a cablurilor este limitată de coeficientul de dispersie a căldurii în solul înconjurător (dreapta *d* din fig. 3). Această dispersie depinde direct de conductibilitatea termică a solului, care este în funcție de natura acestuia.

Pentru a mări și mai mult capacitatea de transport a cablurilor cu circulație de ulei la unele canalizări, s-a adaptat o răcire suplimentară a acestor cabluri prin instalarea între ele a unor conducte din polietilen în care circulă

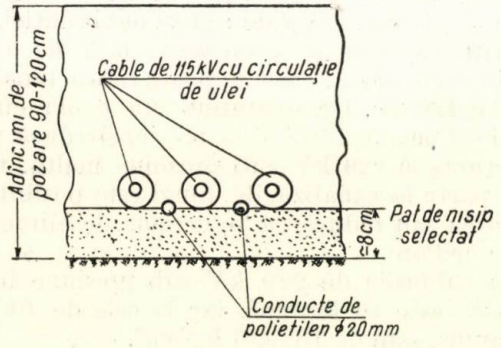


Fig. 11. Secțiune parțială prin profilul unei canalizări cu răcire în apă.

apă de răcire. În modul acesta se mărește indirect conductibilitatea termică a mediului înconjurător. S-a executat o asemenea canalizare de circa 5,5 km lungime, compusă din 4 linii de cablu de 115 kV, folosind cablu monofazic cu circulație de ulei — în total 12 cable pozate în linie. Pozarea s-a făcut direct în pămînt, folosindu-se pentru acoperire pămînt sortat cu coeficient ridicat de conductibilitate termică.

În fig. 11 se prezintă o secțiune parțială prin profilul acestei canalizări. Lungimea totală a conductelor de polietilen a fost de circa 60 km.

Capacitatea fiecărei linii de cablu fără răcire suplimentară fiind socotită la 140 MVA respectiv 560 MVA pentru cele 4 linii, se contează pe ridicarea acestei capacități la $210 \times 4 = 840$ MVA prin folosirea țevilor cu circulație de apă.

Circulația apei se asigură printr-un sistem de pompaj și evacuarea ei se face la canal. Punerea în funcțiune a sistemului de răcire cu apă se face la depășirea sarcinii nominale a cablului. Este prevăzut și un sistem de automatizare.

Funcționarea cablurilor este prevăzută la 85°C.

Canalul central al cablului pentru circulația uleiului este de 12 mm Ø. Peste mantaua de protecție cablul este acoperit cu iută și bitum.

Rezervoarele de ulei ale cablului de tipul cu presiune constantă sînt instalate la cutia terminală de legătură cu linia aeriană cu circa 5 m diferență de nivel. Protecția canalizării s-a făcut cu plăci de beton de 10 cm grosime.

Cablul cu ulei de tip plat. Este propriu în special pentru instalații submarine. Fiind complet închis și fără rezervoare, acest cablu nu are o circulație longitudinală de ulei, ci numai o deplasare transversală a acestuia. Părțile laterale ale mantalei de Pb întărită cu învelișuri elastice formează un gen de membrană care preia dilatarea termică a uleiului, rezultată din variațiile de sarcină.

În acest scop, peste mantaua de Pb se aplică bitum, înveliș textil și benzi de Cu, iar deasupra lame elastice ondulate din bronz, dispuse transversal pe porțiunea plată.

Construcția unui asemenea cablu permite ca la variațiile maxime de temperatură, presiunea să varieze între 2 — 6 kg/cm², iar deviația maximă a membranei nu depășește 1,5—3 mm, în funcție de dimensiunile cablului.

În pozările submarine, creșterea presiunii interne, provocată de diferența mare de nivel ce apare din cauza adîncimii de pozare, este compensată de presiunea hidrostatică exterioară a apei.

Un cablu de acest tip, care se vede în fig. 12, a fost prevăzut pentru o traversare în lungime de 56 km sub 200 kV c.c.

Acesta este un cablu bifilar 2×325 mm. cu tensiunea de funcționare între faze 200 kV Construcția lui permite pozarea la adîncimi mari fără măsuri speciale. Gradientul maxim de potențial este de 225 kV/cm. Grosimea mantalei de Pb este de 2,5 mm. diametrul exterior al cablului este de 115 mm, iar greutatea sa

de 30,8 kg/ml. Diametrul mufelor de legătură nu depăşeşte mult diametrul cablului.

Pozările submarine şi subfluviale comportă o tehnologie cu totul specială. Se utilizează nave, ambarcaţiuni şi instalaţii plutitoare dotate

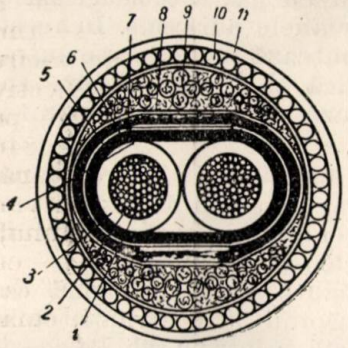


Fig. 12. Cablul cu ulei de tip plat cu 2 conductoare.

1 – conductor; *2* – ecran; *3* – izolaţie de hîrtie; *4* – ecran; *5* – manta de Pb.; *6* – consolidarea mantalei cu benzi de oţel amagnetic; *7* – iută; *8* – manta PVC; *9* – umplutură de iută; *10* – protecţie cu sîrmă de oţel; *11* – strat exterior.

cu scule şi utilaje adecuate. Supravegherea operaţiilor de pozare este mult mai precisă, folosindu-se dinamometre, aparate topografice şi instalaţii de semnalizare. De obicei derularea cablului se face de pe o navă sau eşafodaj plutitor. Se folosesc însă şi tamburi flotanţi remorcaţi de o navă pe traseul de pozare.

Cablul în conductă de oţel cu ulei sub presiune. În fig. 13 se poate vedea un asemenea cablu. Aceste cabluri lucrează la gradient de potenţial de 120—140 kV/cm. Ele nu au manta de Pb. Sînt asemănătoare cu cablurile cu gaz cu compresiune exterioară.

Pentru 110 kV secţiunea conductorului este cuprinsă între 120—800 mm², ceea ce asigură o capacitate de transport de 60—140 kVA pentru o temperatură de funcţionare de 70°C.

Peste conductorul de Cu sau Al se aplică un strat de hîrtie metalizată, iar peste acesta izolaţia de hîrtie. Deasupra se execută ecranarea de obicei cu foi de Cu perforate, iar peste ea este stratul de ermetizare din polietilen şi Al pentru a evita pătrunderea umezelei în cablu la transport. În acelaşi scop, în timpul transportului şi depozitării, cablul este rulat pe tamburi ermetici umpluţi cu azot din fabrică.

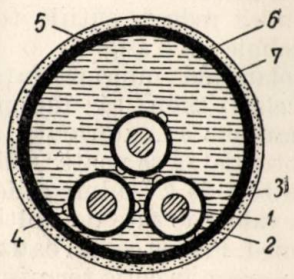


Fig. 13. Secţiune printr-un cablu în ţeavă de ulei sub presiune.

1 – conductor; *2* – izolaţie; *3* – înveliş de protecţie ermetic; *4* – sîrmă semirotundă; *5* – ţeavă de oţel; *6* – ulei; *7* – învelişuri anticorosive.

Peste învelişul exterior ermetic sînt înfăşurate 2—3 sîrme semirotunde din bronz cu pasul de 300 mm, care proteajează mecanic cablul la pozare şi distanţează fazele în ţeavă, ameliorînd circulaţia uleiului.

Ţevile sînt de oţel de 10—12 m lungime joncţionate prin sudură, formînd tronsoane de 500—700 m, separate prin cămine de vizitare în care se montează manşoanele. În unele cazuri speciale, tronsoanele pot ajunge la 1800—2000 m lungime.

Conducta în care se pozează cablurile se unge în interior, după ce în prealabil a fost perfect curăţată de rugină sau alte impurităţi care ar putea altera uleiul. Canalizarea poate avea curbe cu raza de 20 ori diametrul ţevii.

Pierderile electrice în ţeavă nu depăşesc 20—30 % din cele în conductoare, dar sînt mai mici ca cele din mantaua de Pb a altor cabluri. Etanşeitatea ţevii şi lipsa umezelei sînt verificate cu aparate speciale. Pînă la pozarea cablurilor, ţevile sînt ţinute pline cu azot uscat. După introducerea cablurilor şi după executarea manşoanelor, tronsoanele se umplu din nou cu azot uscat la 1 At. Înainte

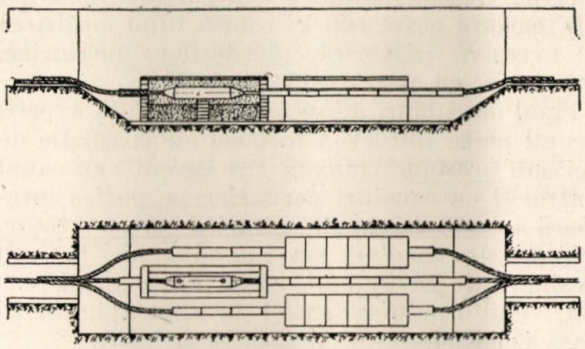


Fig. 14. Amplasamentul unui set de manşoane normale pentru cablu cu circulaţie de ulei.

de a se introduce uleiul uscat şi degazeificat, se scoate azotul şi se mai verifică o dată etanşeitatea.

Presiunea în conductă este menţinută automat cu ajutorul unor pompe care pompează ulei dintr-un rezervor. La creşterea presiunii, excesul de ulei este evacuat în rezervor printr-o supapă de reţinere.

O canalizare de 10—15 km este deservită de 2 asemenea staţii prevăzute cu semnalizări şi automatizări.

Pentru mărirea capacităţii de transport de la 190 MVA la 225 MVA a unui asemenea cablu în ţeavă cu ulei sub presiune, constructorii au acţionat asupra conductibilităţii termice a solului, care, aşa cum s-a arătat mai înainte, este un factor esenţial. În acest scop s-a utilizat un material de umplutură cu o conductibilitate termică ridicată, realizat dintr-un amestec de 2 sorturi de nisip cu un adaos de 8% argilă, care-i menţine umiditatea necesară. Aceasta a ridicat capacitatea de transport a cablului la 215 MVA. În continuare s-a procedat la triangularea cablului. Operaţia s-a făcut în timp ce se trăgea cablul în ţeavă, prin legarea celor 3 cabluri din 6 în 6 m cu o bandă de nailon. Prin

această triangulare nu a fost deranjată viteza normală de tragere a cablurilor de 9 m/min.

Pentru a se elimina zonele de încălzire excesivă în anumite puncte în care rezistivitatea termică a solului era ridicată, s-a asigurat și o circulație forțată a uleiului în ambele sensuri pe o distanță de circa 150 m la un interval de 2 ore cu ajutorul unui sistem de pompaj acționat automat, de la punctul cel mai de jos al canalizării, cu ajutorul unui flotor.

Față de cablurile obișnuite cu circulație de ulei, cablurile în țevi cu ulei au rigiditate dielectrică și rezistență mecanică mai ridicată. Ele se utilizează pentru capacități mari de transport.

Cabluri pentru tensiuni între 400—650 kV. Tendința trecerii la tensiuni din ce în ce mai înalte s-a manifestat și în domeniul cablurilor, ceea ce a pus importante probleme electrice, mecanice și de fabricație. Din punct de vedere electric, trebuia studiată comportarea izolației sub tensiuni peste 400 kV, dată fiind încălzirea ei excesivă datorită pierderilor dielectrice, care cresc cu pătratul tensiunei.

Tipul de cabluri adoptat deocamdată experimental peste 400 kV a fost cel cu circulație de ulei sub presiune ridicată (15 kg/cm^2) cu canal central și cu caneluri periferice pe partea interioară a mantalei de Pb, întărită corespunzător. Prin aceste caneluri s-a introdus ulei tot sub presiunea de 15 kg/cm^2, ca și prin canalul central, echilibrîndu-se astfel presiunea în toată masa izolației.

Pentru tensiuni între 450 și 650 kV s-a experimentat și o răcire suplimentară forțată a uleiului cu circuit secundar de apă.

V. Cutii terminale și manșoane de înnădire

Cutiile terminale și manșoanele de înnădire constituie elemente constructive de primă importanță ale canalizărilor subterane de foarte înaltă tensiune, execuția lor comportînd o tehnologie specială adaptată tipului de cablu respectiv.

Spre deosebire de cablurile pînă la 35 kV inclusiv, la cablurile peste această tensiune, operațiile de pozare și în special operațiile de înnădire a tronsoanelor se fac sub supravegherea fabricilor constructoare a cablurilor, fiecare fabrică avînd instrucțiuni tehnologice speciale pentru executarea manșoanelor.

Pentru cablurile cu gaz cu presiune interioară, cutiile terminale trebuie să asigure, în afară de izolația electrică necesară, și o etanșare perfectă. În acest scop sînt prevăzute de obicei cu piese speciale de bachelită, care protejează mecanic izolatorul contra presiunii interne a cablului, și cu garnituri de etanșare. Ele pot fi prevăzute și cu izolatoare speciale rezistente la presiunea mecanică a gazului, ceea ce simplifică mult cutia terminală. De obicei ele au prevăzute și piesele de racord pentru alimentarea cu gaz și pentru instalarea manometrelor, a aparatelor de automatizare etc.

Manșoanele de înnădire la aceste cabluri pot fi de tip normal sau semiopritoare. La cablurile de construcții mai noi, ca de exemplu cele cu tub elastic descrise mai sus, în manșoane se face și alimentarea cu gaz a tubului elastic care deservește tronsoanele adiacente. În acest scop în manșon se montează și o instalație automată electropneumatică și de semnalizare. În acest mod se realizează o alimentare separată pe tronsoane.

Pentru separarea canalizării în tronsoane din punct se vedere al presiunii de gaz, în vederea măririi siguranței de funcționare a cablului, se folosesc manșoanele semiopritoare.

Acestea sînt prevăzute cu o diafragmă de metal ce separă manșonul în 2 cavități, care au comunicație între ele printr-un tub. Pe acest tub este montată o supapă care permite comunicația liberă între cele 2 tronsoane în regim normal de presiune. În caz de dezechilibru al presiunii, supapa întrerupe comunicația, putînd astfel separa tronsonul avariat.

Pentru cablurile cu gaz cu compresiune exterioară, instalațiile de înnădire și accesoriile lor sînt diferite. La locul unde se face înnădirea cablurilor, după efectuarea acestei înnădiri capetele țevilor adiacente sînt joncționate prin sudură cu un manșon cu diametru mai mare. Pe înnădirea propriu-zisă a cablului, pentru transmiterea eficace a presiunii asupra izolației înnădirii, se utilizează o țeavă de Cu cu suprafața canelată. Circulația gazului trebuind să fie liberă de la un capăt la altul al canalizării, manșoanele de înnădire trebuie să permită trecerea fără obstacole. De aceea nu se folosesc nici manșoane complicate de oprire, nici instalații speciale de semnalizare în căminele manșoanelor.

Pentru cablurile cu circulație de ulei cu presiunea redusă, cutiile terminale de tip exterior trebuie să asigure o etanșeitate perfectă a izolantului interior față de atmosferă și în același timp să îndepărteze conductorul de mantaua sa exterioară astfel ca gradientul de potențial să se poată reduce de la valorile mari de zeci de kV admisibile în dielectricul cablului la valori de sute de volți admisibile pentru aer umed. Pentru ca din cauza formei constructive să nu apară în cutia terminală deviații ale cîmpului electric, care să ducă la componente periculoase tocmai pe direcțiile pe care rigiditatea dielectrică este scăzută, forma și dimensiunile cutiei terminale trebuie studiate și calculate pentru reducerea gradientului de potențial. În acest scop se montează și ecrane speciale în cutiile terminale.

Manșoanele de înnădire pentru cablurile cu circulație de ulei sînt de mai multe feluri:

a) Manșoane normale, care realizează numai legătura electrică între tronsoane

și continuitatea circulației de ulei. Pentru joncționarea conductoarelor tubulare se folosesc piese speciale de înnădire, diferite de la o fabrică la alta, a căror îmbinare cu conductorul se realizează de obicei prin presare cu prese speciale. Continuitatea mantalei de Pb se realizează prin legarea manșonului propriu-zis cu mantaua prin tuburi tronconice. În unele țări, aceste manșoane se instalează în cămine zidite. În alte țări se instalează direct în pămînt sau în cămine mici făcute ad hoc și acoperite cu cărămizi. În fig. 14 se vede amplasarea în teren a unui grup de trei asemenea manșoane.

b) Manșoane deschise, care permit continuitatea longitudinală a uleiului, ca și manșoanele normale, dar permit în plus și racordarea unui rezervor cu presiune variabilă. Racordarea acestui rezervor cu canalul central nu se poate face simplu radial, pentru a nu da naștere la o descărcare electrică. Se realizează o înfășurare izolantă, care conține un canal subțire spiraliform, care se dezvoltă pe toată lungimea manșonului făcînd comunicație între canal și exterior.

Mai sînt și alte tipuri de manșoane deschise.

c) Manșoanele de oprire (tampon), care permit numai continuitatea electrică între tronsoane, dar întrerup circulația uleiului. Ele se utilizează pentru traseele cu denivelări prea mari pentru a permite menținerea presiunii interne în limite coborîte. În fig. 15 se dă schema de principiu a unui asemenea manșon. Realizările practice diferă ca detalii la fiecare fabrică.

Pentru cablurile montate în țevi cu ulei sub presiune, manșoanele comportă anumite particularități. La 1000—1500 m se montează manșoane semiopritoare care permit umplerea separată cu ulei a tronsoanelor și evită în caz de avarii pierderea uleiului pe toată canalizarea. Aceste manșoane semiopritoare sînt prevăzute cu țevi de by-pass, pe care sînt montate supape de secționare diferențiale, precum și instalații auxiliare : manometre, robinete, diafragme de siguranță, rezervoare de dilatare. Supapa de secționare închide circulația de ulei în caz de

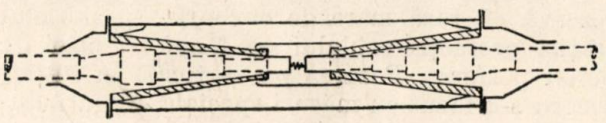


Fig. 15. Schema de principiu a unui manșon de oprire pentru cablu cu circulație de ulei.

avarii. Diafragma se sparge în cazul creșterii presiunii și permite evacuarea uleiului în rezervorul de dilatare.

Literatura de specialitate conține detaliile tehnologice practicate la executarea diferitelor tipuri de îmbinări folosite la numeroasele tipuri de cabluri de foarte înaltă tensiune, descrise mai sus.

VI. Canalizarea electrică subterană de 110 kV executată în orașul București

După cum s-a arătat la început, o serie de factori importanți au contribuit în ultimii ani la o creștere sensibilă a consumului de energie electrică în centrul capitalei, și anume :

— modernizarea urbanistică rapidă ;

— campania masivă de construcții de blocuri care se realizează în zona centrală ;

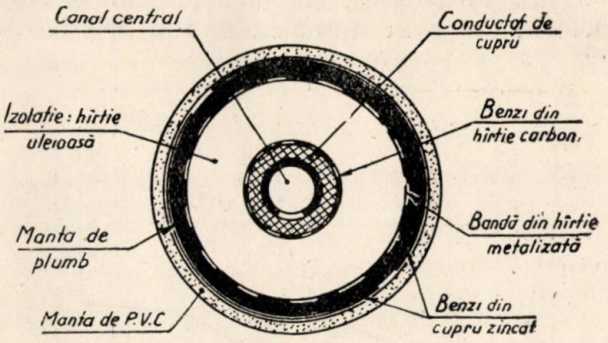


Fig. 16. Secțiune prin cablu cu circulație de ulei folosit la canalizarea 110 kV din București.

— creșterea continuă a nivelului de trai al populației, gradului său de confort și a necesităților sale de energie electrică.

Această situație a făcut necesară reconsiderarea soluțiilor inițiale care prevedeau rezolvarea problemei energetice din centrul orașului la tensiunea de 30 kV.

În urma studiilor tehnico-economice elaborate de Institutul de Studii și Proiectări Energetice, a apărut, așa cum s-a arătat la început, necesitatea suprapunerii peste rețeaua existentă de 30 kV a unei rețele de 110 kV care să traverseze zona centrală și să alimenteze o stație de 110/30/10 kV plasată în centrul de consum.

De curînd s-a realizat de către Intreprinderea nr. 1. a Trustului de Construcții și Montaje Energetice, după proiectul întocmit de Institutul de Studii și Proiectări Energetice, pozarea primului cablu de 110 kV destinat să alimenteze din linia de centură de 110 kV stația de transformare menționată mai sus. Acest cablu reprezintă prima parte din rețeaua subterană de 110 kV a orașului București.

Tipul de cablu. S-a ales cablul monopolar cu circulație de ulei cu presiunea redusă, ca fiind cel mai indicat pentru condițiile energetice și de traseu existente.

În fig. 16 se arată o secțiune prin acest cablu.

Conductorul de Cu tubular are o secțiune de 170 mm^2 și e înfășurat pe un tub format din două spirale metalice în sens invers.

Diametrul canalului central este de 10 mm. Pe suprafața conductorului sînt prevăzute benzi de hîrtie carbon, peste care este aplicată izolația de hîrtie. Peste izolați este înfășurat un ecran din hîrtie metalizată. Grosimea izolației este

de 8,5 mm. Totul este învelit în mantaua de Pb de protecție care are o grosime de 1,9 mm. Aceasta este întărită cu benzi de Cu zincat, peste care este aplicată o a doua manta de protecție din policlorură de vinil.

Fiind prima lucrare de acest gen și ținînd seamă de particularitățile constructive ale cablului, a fost necesară o pregătire minuțioasă a condițiilor de execuție corespunzătoare cerințelor stricte ale fabricii constructoare a cablului.

Traseul și pozarea. Traseul în lungime de circa 2000 m începe în apropiere de rîul Dîmbovița

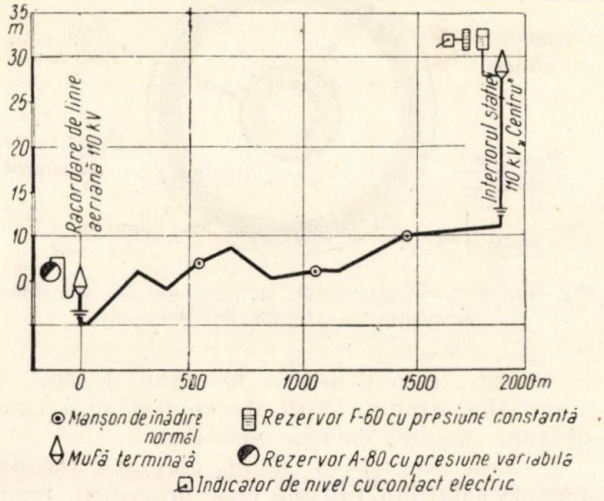


Fig. 17. Schema altimetrică a cablului de 110 kV pozat în Capitală.

într-o zonă în care situația urbanistică a permis să pătrundă linia aeriană de 118 kV., se îndreaptă spre nord urmărind un drum cît mai direct pe străzile din această zonă și se termină la stația-centru.

În fig. 17 se prezintă schema altimetrică (profilul longitudinal) a canalizării cu indicarea instalațiilor principale de pe cablu.

La alegerea traseului s-au avut în vedere următoarele :

— folosirea porțiunii cuprinse între marginea trotuarului și rigola străzii, evitîndu-se carosabilul propriu-zis. Această zonă, prin umiditatea acumulată, asigură o conductibilitate termică ridicată a solului, deci o răcire mai activă a cablului ;

— evitarea pe cît posibil a străzilor principale cu circulație de tramvai pentru a preîntimpina efectul negativ al vibrațiilor asupra cablului ; fabrica constructoare a impus o distanță de 4 m de linia de tramvai și în cazuri speciale 2 m cu coborîrea cablului la 2 m adîncime ;

— evitarea altor trasee de cabluri electrice de 6 sau 30 kV și a altor instalații de utilitate publică ;

— încadrarea în planul de sistematizare a capitalei.

Traseul a prezentat însă și puncte dificile ca execuție cu trotuare înguste și obstacole greu de evitat.

Cele 3 cabluri monofazice care formează canalizarea trifazică s-au pozat direct în pămînt după profilul triunghiular din fig. 18.

Canalizarea este protejată cu plăci de beton prefabricate de 6 cm grosime. Umplutura s-a făcut cu pămînt selectat și cu rezistivitate termică scăzută.

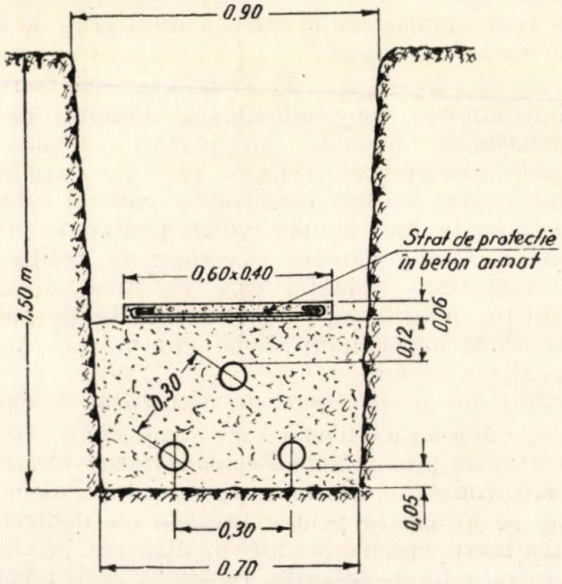


Fig. 18. Profilul normal al canalizării 110 kV.

Traseul de 2000 m este format din 4 tronsoane separate prin 3 seturi de manșoane de înnădire normale.

La punctul de plecare din stația-centru care are și nivelul cel mai ridicat și dela care s-a început pozarea, au fost amplasate, deasupra cutiilor terminale, în podul stației, rezervoarele de ulei cu presiune constantă. La punctul de racordare cu linia aeriană, rezervoarele de ulei de tipul cu presiune variabilă au fost instalate într-o construcție zidită semiînchisă.

La stația-centru în subsol s-au lăsat bucle de rezervă cu rază mare de curbură. În subsolul stației protecția cablului s-a făcut cu plăci de beton perforat. Pozarea pe verticală în stația-centru s-a făcut cu măsuri speciale, asigurîndu-se o bună fixare a cablului pe perete prin coliere. Din considerente electrice, cele 2 jumătăți ale colierelor s-au făcut din metale diferite : aluminiu și oțel, și au fost căptușite cu garnituri de preșpan pentru a nu deteriora cablul.

Evazarea celor 3 cabluri sub cutiile terminale monofazice s-a făcut pe un stelaj metalic special. Înainte de evazare cablurile au fost fixate în linie cu ajutorul unui jug din lemn de fag fiert în ulei și prevăzut cu o garnitură specială.

Stabilirea poziției manșoanelor de înnădire de pe traseu s-a făcut cu precizie în prezența

reprezentanților fabricii constructoare, aceasta dictînd lungimile de fabricație a cablului.

Fiecare tambur de cabluri conține lungimea corespunzătoare distanței dintre două manșoane.

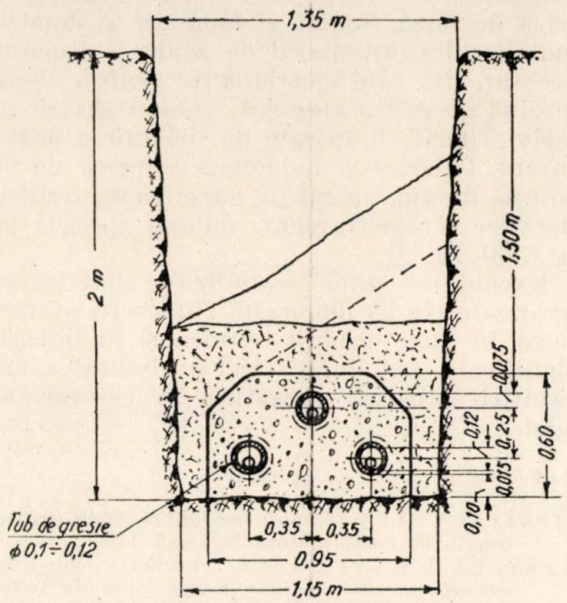


Fig. 19. Canalizarea 110 kV; profil de traversare.

Pe tambur cablul se află sub presiune de ulei și racordat cu un rezervor de ulei instalat în interiorul tamburului.

Pentru traversarea străzilor s-au prevăzut măsuri speciale dictate atît de construcția cablului cît și de siguranța de exploatare cerută acestei canalizări principale. În acest scop profilul traversărilor s-a executat în tuburi de beton prefabricate plantate într-un masiv de beton turnat pe toată lungimea traversării după profilul din fig. 19.

Operațiile de pozare s-au făcut în general pe baza instrucțiunilor tehnologice obișnuite adnotate cu măsuri speciale de protecție pentru evitarea eforturilor mecanice, dată fiind sensibilitatea cablului la asemenea solicitări.

S-a folosit derularea cu tambur fix montat pe vinciuri și prevăzut cu dispozitiv de frînare. Pentru ușurarea deplasării cablului în șanț, s-a folosit un număr mare de role din material moale (Al) și bine polizate, precum și un număr suficient de lucrători.

La tragerea cablului în traversări s-a folosit pastă specială de calc pentru micșorarea coeficientului de frecare. Cablul a fost menținut pe cît posibil pe axa tubului.

În tot timpul pozării, cablul a fost menținut sub o presiune de ulei superioară celei atmosferice (0,3 kg/cm²) cu ajutorul rezervoarelor, care în acest scop au fost mutate în unele cazuri de la un cap la altul al cablului.

Lucrările de săpături, de depozitare a pămîntului, de demarcație a porțiunilor de traseu aflat în lucru, ca și operațiile de asigurare a circulației în zona lucrărilor și semnalizarea au fost organizate în detaliu, constituind un model pentru lucrările similare pe căile publice din capitală. S-au utilizat paravane speciale demontabile pentru limitarea depozitării pămîntului, table avertizoare vizibile, felinare de semnalizare în timpul nopții, podețe și toate accesoriile pentru asigurarea condițiilor de lucru optime în zona centrală circulată a orașului. Pe traseu au fost instalate bariere demontabile. Datorită bunei pregătiri a lucrării și măsurilor luate în timpul execuției, operațiile de pozare s-au desfășurat în bune condiții și într-un timp scurt.

Cutiile terminale și manșoanele de înnădire. Cutiile terminale au fost de tip interior monopolar. Intrarea cablului în izolator se face printr-o piesă tronconică de Al fixată de flanșa izolatorului și bine etanșată pe cablu. Tehnologia de execuție de amănunt este adaptată tipului de cablu, care trebuie menținut sub presiune și în timpul confecționării cutiei terminale. Succesiunea principalelor operații la executarea unei cutii terminale este următoarea:

1. Desfacerea mantalei PVC pe lungimea cutiei terminale;

2. Desfacerea mantalei de Pb pe aceeași lungime;

3. Desfacerea hîrtiei izolante pe o lungime prescrisă și pregătirea cablului pentru tăiere;

4. Tăierea cablului, montarea în capul său pe canalul central a unei piese de oțel găurite și aplicarea în cap, telescopic peste conductorul dezizolat a bolțului de Cu al cutiei terminale;

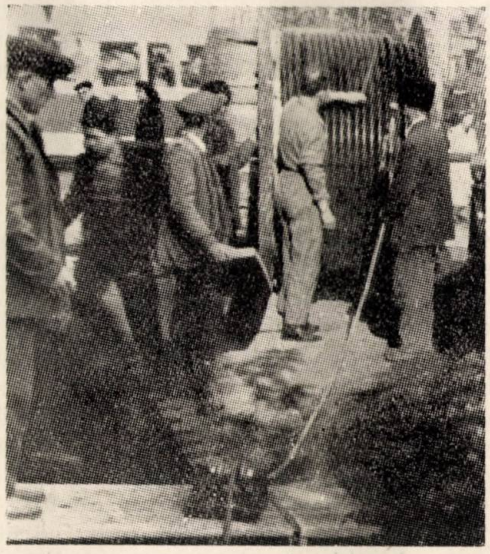


Fig. 20.

5. Joncțiunea conductorului cu bolțul prin presare la 600 atm cu o presă hidraulică de mînă. În acest mod capul cablului este din nou etanșat și se restabilește suprapresiunea interioară;

6. Refacerea izolației în trepte pentru porțiunea de conductor din cutia terminală ;

7. Montarea pieselor de ecranare, a garniturilor și celorlalte accesorii din interiorul cutiei terminale ;

8. Introducerea capului terminal în izolator, fixarea și etanșarea acestuia ;

9. Extragerea umidității din cutia terminală prin pompa de vid ;

10. Introducerea uleiului degazeificat în cutia terminală și realizarea comunicației între interiorul cutiei și canalul central ;

11. Montarea rezervorului de presiune.

O serie de măsuri speciale s-au luat în timpul execuției cutiei terminale. În timpul izolării și dezizolării se toarnă în permanență pe locul respectiv ulei încălzit la 100°C.

Pentru joncționarea prin presare a conductorului cu bolțul terminal s-a folosit un cap de presare special. Presarea se face pe direcția a 2 diametre rectangulare. Piesa de oțel care se introduce pe canal, ca element de contrarezistență în timpul presării, are o gaură centrală cu filet interior, în care se înșurubează un dop manevrat cu o tijă din capul bolțului și care oprește ieșirea uleiului pînă la terminarea cutiei terminale. Înainte de a fi introdus în cutia terminală, uleiul a trecut printr-un degazeificator.

Executarea manșoanelor de înnădire de tip normal este oarecum similară ca tehnologie cu a cutiilor terminale.

Manșoanele sînt cilindrice din Cu. Legătura dintre tronsoanele de conductor adiacente se face tot printr-o piesă de Cu similară cu bolțul terminal, care se aplică tot prin presare în interior pe canalul central, montîndu-se pentru contrarezistență o piesă de oțel perforată similară cu cea de la cutiile terminale. Se iau aceleași precauțiuni pentru menținerea cablului sub presiune. Șanțul în care se execută o garnitură de 3 manșoane este de 2 × 6 m și 1,8 m adîncime și a fost căptușit cu scîndură groasă.

Deasupra șanțului astfel căptușit s-a amenajat un cort spațios, bine etanșat și suficient de solid, care asigură în interior, în zona de lucu a manșonului, o atmosferă uscată și izolată de intemperiile exterioare.

Manșoanele se amplasează direct în pămînt protejate cu cămine de cărămizi nezidite ca în fig. 14. Denivelarea întregului traseu fiind foarte redusă — circa 10 m — nu au fost necesare manșoane de oprire. Nu s-au folosit nici manșoane deschise cu rezervoare suplimentare.

Confecționarea manșoanelor și a cutiilor terminale a constituit una dintre operațiile delicate ale lucrării, calitatea execuției lor reprezentînd o condiție esențială pentru buna funcționare și siguranța întregii instalații.

Această operație a fost făcută de o echipă de specialiști care a fost dotată cu toate sculele și aparatura necesară și căreia i s-au creat condiții optime de lucru.

Pentru deservirea acestei echipe s-a amenajat o cabină pe roate cu 2 încăperi — birou și magazie atelier — prevăzută cu instalație electrică de forță, lumină și încălzire și dotată cu mobilierul și inventarul de scule și dispozitive necesar, din care menționăm : polizor electric, mașină de găurit electrică, tablou electric portativ trifazic cu aparate de măsură și prize de curent trifazice și monofazice, presă de ulei, pompă de vid, aparat de gazeificare, rezistențe electrice și rețouri aragaz, palane speciale pînă la 1500 kg etc.

Executarea primei canalizări electrice subterane de 110 kV din orașul București s-a desfășurat în bune condiții tehnice și în termenele planificate, creîndu-se astfel posibilitatea îmbunătățirii situației energetice în centrul capitalei.

Bibliografie

Sirotinski I.L. : *Tehnica tensiunilor înalte* (traducere din limba rusă) Editura Tehnică 1956.

Mauret L. I. și Zverev V.V. : *Particularitățile izolației cablurilor pentru tensiuni foarte înalte.* În Vestinik. Elektroprom. 27 (1956) Nr. 3 29—38.

Timofeev T.G. : *Interconectarea sistemelor energetice ale Franței și Angliei prin cablu submarin prin Marea Mînecii.* În Promîslenaia Energhetika 14 (1959) Nr. 2 40—43.

Fedor Robert : *Cabluri* de 110 kV în *țevi cu ulei sub presiune* În Elektrotechn. Obz. C.S.R. 1957, Nr. 9 476—480.

Mauduit A. : *Instalații electrice de înaltă și joasă tensiune* Editura Dunod, Paris 1956.

Dorfel E. : *Problemele actuale ale tehnicii cablurilor de curenți tari.* În Deutsch Elektrotechnik, RDG 11 (1957) Nr. 9.

Wasserburger T. : *Stadiul de dezvoltare al cablurilor și conductoarelor.* În E.T.Z. B. 10 (1958) Nr. 4 120—131

* * * : *Cabluri, conductoare și accesorii* în E.T.Z. B 9 (1957) Nr. 4.

Pirelli : *Cabluri de înaltă și foarte înaltă tensiune*, catalog 1854/a, fascicola 5/1, 1958.

Lucking W.H. : *Stadiul de dezvoltare a cablurilor cu gaz sub presiune după 25 ani de rezultate în exploatare* În E.T.Z. A 79 (1958), Nr. 20 761—768.

Mollerhoy J. S., Morgan A.M. și Sutton C.T. : *Cabluri electrice plate sub presiune.* În Proc. Inst. Electr. Engrs 103 (1956) Nr. 8 134—152.

Allard C., Devaux A., Diquelou J. : *Cabluri de înaltă tensiune cu gaze sub presiune pe bază de hexafluorură de sulf* În Bull. Soc. Franc. Electr. 7 (1957) Nr. 82 603—609.

Brookes S.A. și Sterrs E.T. : *Construcția unui cablu de* 138 kV *în conductă de ulei.* În Electr. Engng. 76 (1957) Nr. 10, 879.

* * * : *Cabluri răcite cu apă* În Electrical Times 1957 Nr. 3445, 808.

Hollingsworth P.M. : *Cable cu ulei de înaltă presiune* în Electrical Times (1957) Nr. 3444, 757—760.

Wollaston F.O. și Horne L.R. : *Cablurile de* 230 kV *cu circulație de ulei de la Vancouver.* În Power App. and. System 1958 Nr. 39 897—908.

Pearce : *Din experiența cablurilor sub presiune* În Electrical Times 1958, Nr. 3456 214—216.

Barnes : *Sisteme de cabluri cu presiune* În Electrical Times 1958, Nr. 3451, 3—9.

Domenach L. : *Cabluri pentru tensiuni de* 400—650 kV În Revue Gle de l'Electricité 1959 Nr. 3 (martie) 203.

Utilizarea convertorilor analog — numerici în conducerea sistemelor energetice*)

Prof. ing. C. PENESCU

I. Considerații generale

Dezvoltarea considerabilă a instalațiilor industriale care are loc în prezent a condus, în mod evident și la o dezvoltare ne mai întîlnită a instalațiilor energetice. După cum se știe dezvoltarea instalațiilor energetice trebuie să preceadă dezvoltarea instalațiilor industriale, aceasta pentru ca instalațiile industriale realizate să-și poată începe imediat după terminarea lor, activitatea productivă; rezultă astfel, în mod inevitabil, că ritmul de dezvoltare al instalațiilor energetice trebuie să fie mai mare decît ritmul de dezvoltare al industriei, aceasta cel puțin într-o perioadă inițială.

Cifrele mondiale de o perioadă de dublare de 10—15 ani la putere rămîn, chiar în perspectiva îndelungată, constante, ceea ce arată că ritmul de dezvoltare energetică nu are tendința de a înregistra un fenomen de saturație. Țara noastră, care a pornit odată cu planul de electrificare la crearea, aproape de la zero, a unei baze energetice solide, a înregistrat un ritm de dezvoltare care a depășit cifrele mondiale.

Gruparea instalațiilor energetice în sisteme energetice a urmărit și în această direcție creșterea arătată. Astfel de unde în 1935 media puterilor instalate în sistemele energetice (este vorba de țările cu o bază energetică dezvoltată) era de 100 la 300 MW cu putere unitară (pe grup) de cca 30 MW, crește în 1956 la 2000—5000 MW cu o putere medie unitară de 120 MW. În ultimul timp se asistă la mărirea puterii instalată în sistemele energetice prin crearea sistemelor unice pe țară precum și larga interconexiune internațională.

Este natural că și cerințele asupra calității energiei electrice să crească într-o măsură apreciabilă, fiind totodată foarte important ca instalațiile producătoare să funcționeze cu un randament cît mai ridicat adică cu cheltuieli de exploatare cît mai mici; ca un exemplu, de unde în trecut se admiteau abateri de frecvență de $\pm$ 0,5 Hz se admit astăzi, în urma unei largi interconexiuni internaționale, abateri de maximum $\pm$ 0,1 Hz.

Asigurarea unor condiții atît de stricte asupra calității energiei electrice cît și asupra unei funcționări economice, nu se poate realiza decît cu o conducere bine organizată a exploatării. Conducerea aceasta se execută la stadiul actual al tehnicii în următoarele mari categorii:

— conducerea automată cu ajutorul instalațiilor automate de reglare (reglare de frecvență, de tensiune, de debit, de putere, etc) și cu ajutorul instalațiilor automate de comandă (anclanșarea rezervei, reanclanșarea automată, etc.);

— conducerea manuală efectuată în următoarele grupe:

a) conducerea locală pentru instalațiile energetice unitare (centrale, stații) efectuată din camerele de comandă ale acestor instalații;

b) conducerea de la distanță pentru ansamblul unor instalații energetice (sisteme energetice).

Conducerea manuală este prezentă încă în instalațiile energetice moderne din cauză că nu s-au realizat decît sporadic instalații de calcul care să permită alegerea regimurilor optime de funcționare în ansamblu și să determine acționarea în consecință a diverselor instalații. Nu încape îndoială că viitorul nu prea îndepărtat va aduce și rezolvarea acestei probleme ajungîndu-se astfel la instalații energetice complexe cu conducere automată.

Atît conducerea manuală cît și conducerea automată au nevoie, în general, de următoarele operații:

— *măsura* prin care se primesc informații asupra mărimilor asupra cărora se acționează;

— *comanda* prin care se influențează valorile diverselor mărimi;

— *semnalizarea* prin care se verifică acțiunea de comandă.

Atît în cadrul conducerii automate cît și în cazul conducerii manuale se pot folosi fie instalații de acționare la distanță (măsură, comandă și semnalizare la distanță) în care această acționare se face nemijlocit, cît și instalații telemecanice (telemăsură, telecomandă și telesemnalizare) în care acționarea se face nemijlocit prin convertirea mărimilor ca rezultat al proceselor respective în alte mărimi apte de a fi transmise la distanță pe linii electrice.

Conducerea automată folosește într-o măsură mai mică instalațiile telemecanice, aceasta deoarece ea are în majoritatea cazurilor o acțiune locală; sînt cazuri însă cînd și conducerea automată folosește din plin instalațiile telemecanice, de pildă la reglarea automată a frecvenței unde sînt utilizate instalații de telemăsură și de telecomandă.

Conducerea manuală folosește în schimb telemecanica pe o scară foarte largă. Astfel în cazul conducerii de la distanță de la posturi de dispecer instalațiile telemecanice sînt indispensabile și dat fiind distanțele mari, ele trebuie să fie apte de a folosi canale în sistemele de transmisie cu curenți purtători sau canale la transmisiile pe cable herziene. În cazul conducerii locale instalațiile telemecanice nu sînt

*) Comunicare prezentată la prima consfătuire asupra mașinilor electronice de calcul, București, ianuarie 1960

indispensabile dat fiind distanța mică între postul de comandă și instalațiile acționate. Totuși și în acest caz există din ce în ce mai mult tendința de a se folosi instalații telemecanice prin economia de cable de legătură. Din acest punct de vedere au căpătat o răspîndire relativ largă instalațiile de telecomandă și de telesemnalizare prin care se poate obține, pe fiecare element condus (de exemplu un circuit din schema de conexiune a unei stații electrice) o reducere substanțială de conductoare.

Astfel pentru cazul unui circuit al unei scheme de conexiune avînd bare duble și comportînd un întrerupător și patru separatoare împreună cu transformatoarele de intensitate și de tensiune respective, se poate obține prin utilizarea instalațiilor de telecomandă și telesemnalizare, o reducere cu cca 50% a numărului necesar de conductoare ceea ce conduce la o reducere cu cca 30% a numărului total de cabluri utilizat în stație (este vorba de cablele circuitelor secundare). Cu această măsură se permite reducerea, la stațiile importante cu un număr mare de celule situate la distanțe relativ mari de punctul de comandă, a costului circuitelor secundare cu cca 25% ceea ce înseamnă, practic, o reducere a costului întregii părți electrice cu 2—3%.

Nefolosirea instalațiilor telemecanice la conducerea locală, poate să determine utilizarea a mai multor camere de comandă pentru același ansamblu de instalații. Este cazul stațiilor de tensiuni foarte înalte (400—500 kV) și utilizînd 3—4 tensiuni; în aceste cazuri distanțele dintre camera de comandă și elementele acționate pot să ajungă pînă la cca 800 m ceea ce depășește distanța economică a acționării la distanță (cca 500 m).

În afară de cele arătate mai sus, conducerea manuală, fie locală, fie mai ales, de la distanță, pune următoarele probleme, consecință a cerințelor moderne de exploatare energetică:

— posibilitatea de a acționa cît mai rapid ceea ce presupune ca persoana (sau persoanele) din camerele de comandă sau de dispecer să poată să acționeze fără să se deplaseze de la locul lor și acționarea să se facă cît mai comod (de exemplu fără a mai întoarce capul pentru a citi o serie de instrumente).

— deranjarea cît mai mică a persoanei sau persoanelor din camera de comandă cu operații nelegate direct de conducere; de exemplu completarea la intervale regulate de situații centralizatoare cu datele de exploatare (de obicei înscrierea măsurii diverselor mărimi) necesare pentru scopuri statistice sau tehnico-economice.

— folosirea unor canale cît mai puține (în special în cazul conducerii de la distanță).

Cele arătate mai sus conduc la realizarea unor camere de comandă (dispecer) de dimensiuni cît mai mici la care pe pupitrul de comandă să se instaleze aparatele de comandă și de măsură iar pe un panou, de obicei luminos, situat la o oarecare distanță de pupitru pentru o bună vizibilitate, să se instaleze aparatele de semnalizare. Pupitrul de comandă trebuie să aibă astfel de dimensiuni încît operatorul să poată manevra sau citi aparatele fără să se deplaseze. În acest scop camerele de comandă sau dispecer de dimensiuni mici se pot concretiza practic, în două variante constructive (fig. 1.); astfel pupitrul poate fi dispus în lungime ca în fig. 1 *a* avînd avantajul că operatorul este cît mai puțin deranjat în citirile sau comenzile pe care le face, în schimb avînd dezavantajul unei posibilități limitate de instalare de aparate de măsură și comandă. Pupitrul poate fi dispus de asemenea în formă circulară ca în fig 1 *b* avînd dezavantajul unei acționări mai puțin comode, însă cu posibilități mai mari de instalare de aparate.

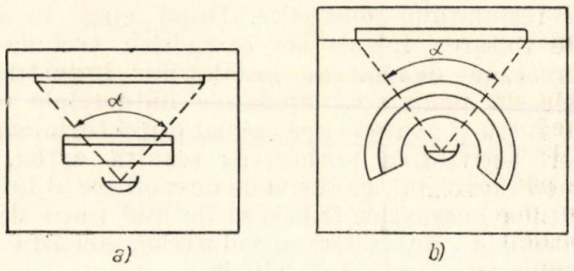


Fig. 1.

Panoul de semnalizare se realizează de obicei drept sau foarte puțin curbat cu un unghi de vedere α de cca 90°.

După cum se vede în fig. 2, aparatele de comandă se montează pe pupitru pe porțiunea orizontală sau puțin înclinată x iar aparatele de măsură pe porțiunea verticală sau puțin înclinată y. Se observă că distanța h de la care se pot monta aparatele de semnalizare pe panou depinde de înălțimea h' a pupitrului;

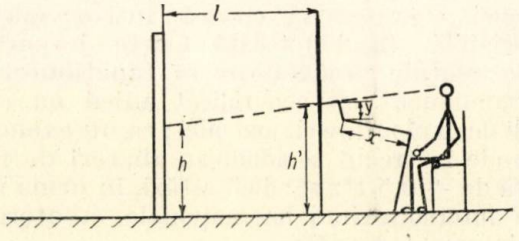


Fig. 2.

aceasta la rîndul ei depinde, în esență, de înălțimea y a porțiunii unde se montează aparatele de măsură întrucît înălțimea porțiunii x este obligată de condiția unei manevre comode (înălțimea x a unei mese este de cca. 80 cm).

Partea dificilă în aranjarea dispoziției camerelor de comandă miniatură este tocmai această plasare a aparatelor de măsură. Astfel dacă sînt multe aparate de măsură, distanța y este

mare ceea ce conduce la o distanță h mare pentru a se realiza condițiile unei bune vizibilități. Pentru h mare rezultă un panou de semnalizare înalt ceea ce iarăși determină o incomodă supraveghere precum și camera de comandă dezvoltată în înălțime.

Soluționarea celor două condiții puse mai sus și anume dimensiuni cît mai reduse, cu o comoditate cît mai mare în deservire se poate face pe două căi:

— folosirea unei aparaturi de comandă, măsură și semnalizare de dimensiuni foarte mici (micro-aparate).

— folosirea acționării la cerere, aceasta bazată pe faptul că în general acționarea simultană nu se întîlnește în instalațiile energetice.

Instalațiile de comandă și de semnalizare se pot realiza cu succes în oricare din variantele de mai sus, aceasta depinzînd de condițiile locale. Cît de importantă este reducerea dimensiunilor camerelor de comandă se poate ilustra și prin aceea că stațiile electrice de la trei centrale electrice de putere foarte mare din țara noastră precum și o stație electrică de conexiune, ce sînt în curs de proiectare și realizare în țara noastră vor fi echipate cu comandă la alegere (comună sau pe circuit).

Instalațiile de măsură se realizează mult mai puțin pe principiul măsurii la alegere (la cerere) din cauză că aceasta reduce considerabil operativitatea personalului de deservire; se folosesc pe o scară din ce în ce mai largă aparatele de dimensiuni foarte mici (în formă de aparat pătrat cu latura de 7—9 cm) la care, spre a se reduce eroarea de citire, se întrebuințează scale de 270° și spre a se mări vizibilitatea se folosesc cadrane negre cu inscripții și indicatoare vopsite în galben. Dimensiunea limită actuală poate fi considerată aceea de 7 cm.

Din păcate chiar prin folosirea aparatelor mici greutățile arătate mai înainte nu pot fi eliminate, deoarece spațiul ocupat de acestea pe pupitre rămîne totuși foarte important.

Rezolvarea acestei probleme nu poate fi găsită decît în utilizarea altor sisteme de măsură și anume a sistemelor numerice. Se vor arăta în cele de mai jos principiile sistemelor de măsură numerice, posibilitatea de utilizare în conducerea sistemelor energetice ca și modul lor de realizare. Este de remarcat că sistemele numerice nu se întrebuințează încă în conducerea sistemelor energetice și că este necesar de a se face o cotitură în această direcție.

II. Principiile de realizare actuală a măsurii în sistemele energetice

Măsura în sistemele energetice se face actualmente pe principiul clasic, analog. Astfel se realizează cu ajutorul aparatului de măsură egalitatea:

$$\beta = k\,\alpha \qquad (1)$$

în care α este mărimea fizică măsurată, iar β o deplasare unghiulară. Se realizează astfel analogia între o mărime fizică α și o mărime mecanică β; măsura unghiului β reprezintă cu coeficientul de proporționalitate k, măsura mărimii α (fig. 3).

În cazul telemăsurii mărimea α suferă una sau mai multe transformări intermediare pînă

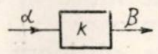


Fig. 3.

a se realiza relația (1); astfel principial se obține pe linia de transmisie o mărime y:

$$y = k_1\alpha \qquad (2)$$

aptă de a fi transmisă la distanță care la recepție capătă o nouă transformare:

$$\beta = k_2 y \qquad (3)$$

în așa fel că pînă la urmă se realizează relația (1) cu:

$$k = k_1 k_2 \qquad (4)$$

De remarcat că realizarea relației (2) comportă un traductor și o instalație de transmisie, amîndouă determinînd relațiile:

$$x = k_{T1}\,\alpha \qquad (5)$$

$$y = k_E\,x \qquad (6)$$

iar realizarea relației (3) o instalație de recepție și un traductor care determină relațiile:

$$z = k_R\,y \qquad (7)$$

$$\beta = k_{T2}\,z \qquad (8)$$

de unde:

$$k = k_1 k_2 = k_{T1}\,k_E\,k_R\,k_{T2} \qquad (9)$$

după cum se vede în fig. 4. Bineînțeles că re-

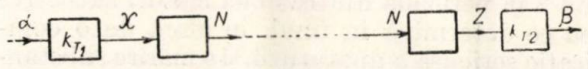


Fig. 4.

lațiile de mai sus sînt scrise în regim staționar; în regim tranzitoriu, considerînd că acestea se pot exprima prin ecuații diferențiale lineare cu coeficienți constanți, rezultă:

$$\beta(s) = y(s)\,\alpha\,(s) \qquad (10)$$

în care $y(s)$ este funcție de transfer globală, iar s operatorul Laplace.

Folosirea acestor instalații de măsură sau de telemăsură analogă are următoarele defecte:

instalațiile de măsură

— erori de citire

— ancombrament mare la aparatele indicatoare sau înregistratoare

— imposibilitatea obținerii unei înregistrări centralizate
— folosirea unui număr mare de circuite

instalațiile de telemăsură

— posibilitățile foarte mari de erori în special datorite liniei de transmisie
— complicație mare a aparatajelor (de unde preț ridicat)
— ancombrament mare la aparatele indicatoare sau înregistratoare
— imposibilitatea obținerii unei înregistrări centralizate
— folosirea unui număr mare de circuite (canale)
— timpi de stabilire ridicați.

Erorile la telemăsura analogă sînt în general ridicate și depășesc în totalitatea lor, cel puțin teoretic, erorile aduse în clasele de precizie curente. Convențional, avînd în vedere probabilitatea redusă de coincidența simultană a erorilor pe diversele organe ale instalației se admite ca să se considere că eroarea totală de măsură este egală cu eroarea cea mai mare pe care o determină vreunul din organele instalației cînd celelalte organe sînt infinit de precise. Cu toate că rezultă în mod evident probabilitatea mai mult sau mai puțin ridicată a obținerii unor erori cumulate superioare, instalațiile de telemăsuri nu se realizează decît cu erori de clasa 1,5%, cel puțin.

Imposibilitatea unor înregistrări centralizate face necesară intervenția la perioade prestabilite a operatorului care să completeze manual, pe baza citirii aparatelor, datele necesare; în afară de acestea aparatele înregistratoare sînt în general extrem de mari și complicate avînd un preț foarte ridicat.

Necesitatea unui număr mare de circuite sau de canale poate fi redusă prin folosirea instalațiilor ciclice de măsură. Aceasta conduce însă la complicații în menținerea constantă a mărimii β în perioada dintre două măsuri succesive ceea ce determină în final, în afară de o complicație serioasă a aparaturii, și o mărire substanțială a timpului de stabilire.

Inconvenientele arătate mai sus, la care se adaugă și inconvenientele cauzate de o proastă dispoziție în camerele de comandă miniatură, conduc în mod inevitabil la concluzia că instalațiile de măsuri și telemăsuri așa cum se utilizează astăzi în sistemele energetice sînt nesatisfăcătoare și trebuie să se treacă la sisteme de alt tip, numerice, cu care se pot ameliora în mod considerabil performanțele.

III. Utilizarea măsurii numerice în sistemele energetice

În cazul utilizării sistemelor de măsură numerice nu se mai realizează relații analoge de tipul celor arătate în relațiile (1)—(9). În esență pe linia de transmisie se transmit mărimi electrice într-un cod de caracteristici cifrate, cifrul caracteristicilor reprezentînd într-un sistem binar sau zecimal măsura mărimii sau măsura variației mărimii de la valoarea precedentă.

Se pot realiza două tipuri de cifruri și anume:
— cifrul serie în care mărimile sînt transmise succesiv în timp;
— cifrul paralel unde transmisia se face simultan.

Pentru a se evita orice posibilitate de eroare datorită variației parametrilor electrici ai liniilor de transmisie este indicat să se folosească caracteristici binare, bipoziționale (1, 0) fie cu cod de prezență (1 : există mărime electrică; 0 : lipsește mărimea electrică pe linie) fie cu cod de polaritate (1 : polaritate de un sens; 0 : polaritate de sens contrar) sau de durată; bineînțeles posibilitățile de eroare sînt excluse în cazul variației rezonabile a parametrilor electrici ai liniei.

În cazul folosirii unui cifru zecimal rezultă că numărul de prezențe sau de lipsuri în codul de prezență sau numărul de mărimi pozitive sau negative la codul de polaritate va reprezenta chiar numărul zecimal ce măsoară mărimea α.

Dacă se măsoară chiar valoarea absolută a mărimii atunci acest sistem este defectuos din cauza marelui număr de semnale transmise ceea ce ar ocupa canalul, precum și din cauza unui timp de stabilire considerabil la cifrul serie.

Se utilizează această metodă transmițîndu-se numai cifrul variației mărimii de la valoarea precedentă; în acest caz se poate scrie relația:

$$N_{10} = k_{10} \Delta\alpha \qquad (11)$$

unde N este numărul de prezențe, lipse, polarități pozitive sau negative arătat mai sus. Această metodă este iarăși indicată în cazul cînd variațiile posibile ale mărimii α nu sînt, succesiv, prea mari.

Cifrul binar permite să se transmită la o anumită scară chiar măsura binară a mărimii α:

$$N_2 = k_2 \alpha. \qquad (12)$$

Astfel cu un cod binar de caracteristici și cu A mărimi transmise succesiv sau simultan se pot transmite numere binare pînă la

$$N_2 = 2^A \qquad (13)$$

(incluzînd și valoarea $\alpha = 0$).

Folosirea cifrului mixt binar zecimal permite un număr maxim mai mic și anume:

$$N = 10^{\frac{A}{4}} \qquad (14)$$

în care A este numărul mărimilor transmise în ipoteza că $A/4$ este un număr întreg. Dacă A nu este divizibil cu 4 relația (14) devine:

$$N = 10^{\frac{p}{4}} \, 2^{A-p} \qquad (15)$$

în care p este cel mai mare divizor cu patru al lui A. În fig. 5 și fig. 6 se arată circulația pe linie a mărimii electrice transmise în cazul cifrului zecimal și a cifrului binar reprezenl

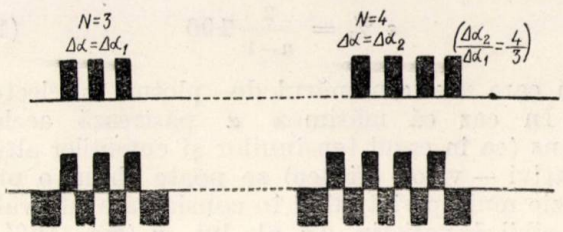


Fig. 5.

tîndu-se codurile prin forma de impuls a mărimii. Este evident că forma și durata impulsurilor nu este importantă în limite rezonabile.

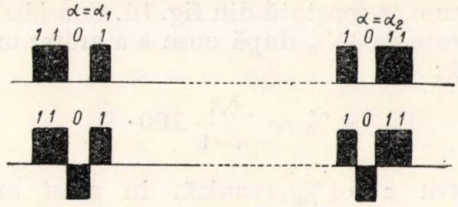


Fig. 6.

Eroarea maximă ce se poate obține cu sistemul numeric zecimal este de (la cea mai mare valoare a lui α)

$$\varepsilon\,\% = \frac{1}{k_{10}\,\alpha_{max}}\,100 \qquad (16)$$

adică depinde de cel mai mic interval al valorilor măsurabile de variația $\Delta\alpha$.

La sistemul numeric binar eroarea maximă este evident egală cu

$$\varepsilon\,\% = \frac{1}{2^A}\,100 \qquad (17)$$

iar la sistemul mixt

$$\varepsilon\,\% = \frac{1}{10^{\frac{p}{4}}\,2^{A-p}}\,100. \qquad (18)$$

Se observă că la sistemul binar sau mixt eroarea este determinată exclusiv de valoarea A; în sistemele energetice precizia necesară nu depășește 1% astfel că valoarea $A = 7$ este suficientă.

În scopul utilizării cît mai raționale a canalului de legătură se consideră că, în conducerea sistemelor energetice, este rațional să se folosească instalațiile numerice în felul următor:

1) în cazul mărimilor ce variază încontinuu și în același sens cu timpul (energia activă sau reactivă, volume, produse $k I^2 t$ sau $k V^2 t$, cantități de electricitate, etc.), se vor folosi instalații cu cifru numeric zecimal;

2) în cazul mărimilor ce nu depind de timp și variază între limite finite se recomandă a se întrebuința cifrul zecimal atunci cînd se urmărește numai indicarea mărimii;

3) în cazul acelorași mărimi ca în cazul precedent dar unde se urmărește și înregistrarea periodică (pe bandă) se recomandă a se folosi cifrul binar sau zecimal.

Deși recomandarea de la punctul 1 de mai sus apare evidentă, cele de la punctele 2 și 3 rezultă din aceea că înregistrarea pe bandă făcîndu-se succesiv este posibilă și rațională o măsură ciclică cu un singur aparat, înregistrator la care de fiecare dată trebuie refăcută indicația; la indicația directă întrucît aparatul indicator rămîne întotdeauna în poziția sa chiar dacă a dispărut excitația (este cazul indicatoarelor clasice cifrice cu role) nu este rațională refacerea integrală a indicației la fiecare variație sau în mod periodic, avînd în vedere că aparatele indicatoare sînt individuale.

Trecerea de la mărimea α la un cifru de impulsuri (se va folosi termenul de impuls în sensul convențional arătat mai sus) nu se poate face direct; este necesară convertirea mărimii α într-o altă mărime aptă de a influența instalația de cifrare, deci un traductor analog, după care urmează convertorul analog ce determină direct sau prin intermediul altui traductor mărimea β (fig. 7).

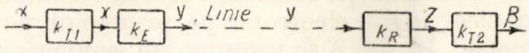


Fig. 7.

Convertori analog-numerici și numerici-analogi propuși pentru utilizarea în sistemele energetice

Convertorii analog-numerici pot fi de următoarele tipuri:

— mecanici
— electrici
— electronici

Convertorii mecanici nu apar interesanți în sistemele energetice decît pentru transmiterea în cifrul zecimal al mărimilor funcție de timp (energii). În acest caz se obține cifrul de impulsuri dorit cu ajutorul traductoarelor de inducție ce rotesc de exemplu un disc perforat ce întrerupe fluxul luminos ce cade pe o celulă fotoelectrică. Se folosesc în acest caz aceleași aparate ca la telemăsura cu frecvența impulsurilor cunoscută în tehnică; de remarcat că astfel de aparate se construiesc actualmente în țară la noi pentru telemăsura analogă a puterilor prin frecvența impulsurilor, folosind impulsuri de curent alternativ ce comandă un oscilator.

Pentru celelalte mărimi convertorii mecanici ar putea fi utilizați numai pentru cifru binar sau mixt și în orice caz cu cod ciclic progresiv (tip Gray) care schimbă semnificația codului inițial la intervale, din mărimea măsurată,

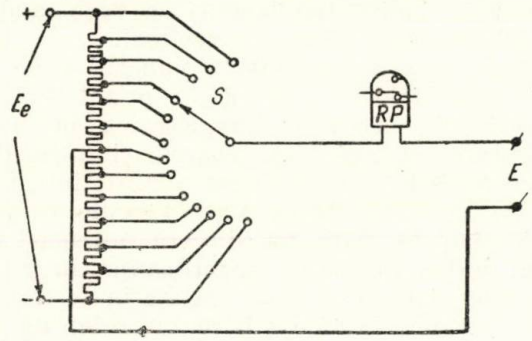


Fig. 8.

egală cu 2^k în care k este cifra semnificativă respectivă ($k = 0{,}1 \ldots A, A+1$)

Convertorii electrici și electronici pot fi clasificați în următoarele tipuri:

— tipuri cu combinații de rezistențe
— tipuri cu principiu potențiometric
— tipuri cu comparatoare individuale și circuite logice
— tipuri cu oscilații lineare în timp
— tipuri cu oscilații de frecvențe variabile.

Pentru mărimile ce nu depind de timp și la care se urmărește indicarea este de recomandat tipul electric sau electronic pe principiul potențiometric. În fig. 8 se propune un convertor cu cifru zecimal foarte simplu, în caz că mărimea α poate căpăta valori în două sensuri. Traductorul analog convertește mărimea α într-o tensiune continuă E care se compară cu ajutorul unui potențiometru și a unui selector S cu o sursă de tensiune electronică E_e (redresor stabilizat); comparația se face prin intermediul unui releu polenizat RP care determină decizia de funcționare a selectorului și emitere a im-

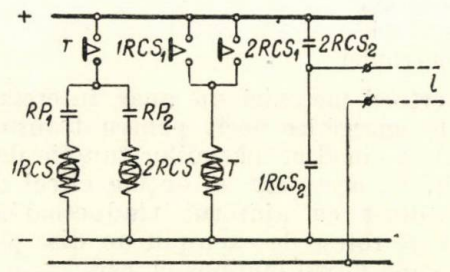


Fig. 9.

pulsurilor. În schema din fig. 9 se arată comanda selectorului (are 2 bobine pentru cele două sensuri: 1 RCS și 2RCS) și emiterea impulsurilor pe linie; sensul de variație al mărimii α este concordant cu sensul de rotație al selectorului S. Pentru un sens corespund impulsuri pozitive pe linie iar pe celelalte impulsuri negative.

Puterea de rezoluție a unui astfel de convertor și deci eroarea maximă va fi egală cu:

$$\varepsilon\ \% = \frac{2}{n-1} 100 \qquad (19)$$

în care n este numărul de ploturi la selector.

În caz că mărimea α păstrează același sens (ca în cazul tensiunilor și curenților alternativi — valori eficace) se poate obține o precizie mult sporită luînd în considerare intervalul posibil de variație $\Delta\alpha$ al lui α (cca 110 %÷ 80 %). Eroarea va fi în acest caz:

$$\varepsilon\ \% = \frac{R_1}{R_1 + R_2} \cdot \frac{1}{n-1} 100 = \frac{\Delta\alpha}{\alpha} \cdot \frac{1}{n-1} 100 \qquad (20)$$

după cum se constată din fig. 10. Considerînd că $\Delta\alpha/\alpha$ este de 30 % după cum s-a arătat mai sus rezultă:

$$\varepsilon\ \% = \frac{0{,}3}{n-1} 100 \cdot \qquad (21)$$

Pentru $\varepsilon = 1\ \%$ rezultă, în acest caz un număr

$$n = 31 \qquad (22)$$

care se poate realiza ușor cu selectoarele ce se fac în țară. Timpul de stabilire la un astfel de

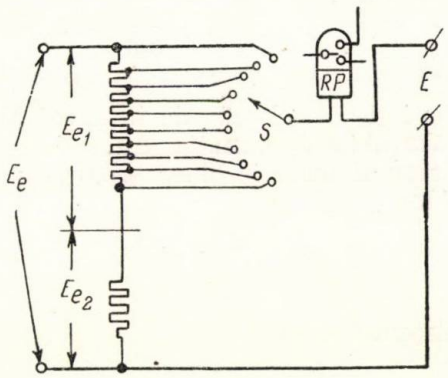


Fig. 10.

sistem poate fi destul de scăzut; socotind 30 pași pe secundă se obțin timpi de stabilire la o variație de 60 % a mărimii, de cca 2″.

Este evident că un astfel de convertor poate fi construit pe baze electronice; este de considerat că realizarea sa extrem de simplă pe cale electrică nu indică o rezolvare pe cale electronică.

În fig. 11 se arată schema redresorului stabilizat.

Convertorul numeric analog (la recepție) este extrem de simplu și este format dintr-un index cu role antrenat în cele două sensuri de motoare de impulsuri simple (electromagneți cu roți dințate).

Pentru mărimile la care se dorește o înregistrare (prin imprimare) este de recomandat convertorul analog-numeric de tip electronic cu rezistențe (fig. 11). Un generator de impulsuri la intervale regulate de timp provoacă excitația în serie a unui număr de circuite mono-

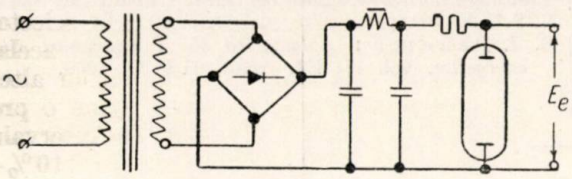


Fig. 11.

stabile $1I$, $2I$ ... NI. La primul impuls dat de primul circuit toate circuitele bi-stabile BS sînt trecute la poziția „0" cu excepția lui BS_1 care trece pe poziția „1". În această poziție impulsul transmis de circuitul BS_1 excită comutatorul C, care cuplează rezistența R_1 la tensiunea etalon E_e. Astfel tensiunea E este montată în opoziție cu tensiunea de la bornele rezistenței R_1 funcție de valoarea acestei rezistențe; rezultatul comparației este aplicat amplificatorului de curent continuu AC care dacă determină o tensiune pozitivă ceea ce înseamnă că E este mai mare ca etalonul (de la bornele lui R_1) blochează poarta P_1 astfel că impulsul dat de $2I$ introduce și rezistența R_2 în circuit mărind tensiunea etalon. Invers poarta P_1 este deblocată iar impulsul de la $2I$ determină scoaterea din circuit a lui R_1.

Se observă că stările circuitelor BS vor determina pînă la urmă un număr binar care este chiar cifrul binar al mărimii E dacă rezistențele R_1, R_2 ... R_n sînt alese astfel încît tensiunile să varieze la bornele lor după seria :

$$\frac{Ee}{2}, \frac{Ee}{4}, \ldots \frac{Ee}{2^{n-1}}, \frac{Ee}{2^n}. \qquad (23)$$

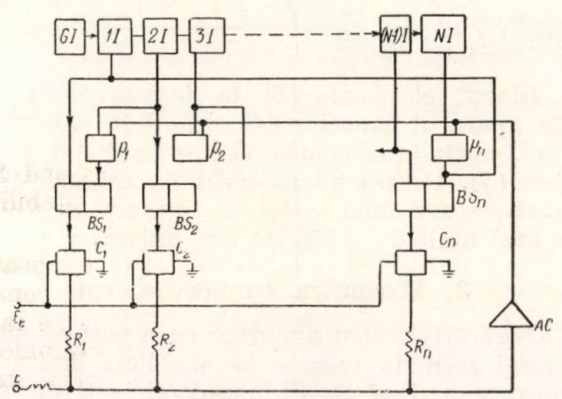


Fig. 12.

Se observă că diferența între contribuțiile tensiunii de măsurat și suma tensiunilor care au fost acceptate este mai mică decît dublul contribuției de la tensiunea standard ce urmează să fie comparată. Precizia este determinată de tensiunea cea mai mică $E_e/2^n$.

Un asemenea convertor poate funcționa extrem de rapid (cca 100 000 de convertiri pe secundă) ceea ce este mult peste nevoile din sistemele energetice.

Convertorul numeric analog este tot de tipul cu index pe baza unor însumări mecanice.

Folosirea măsurii ciclice este deosebit de recomandabilă în ambele cazuri. Este bine să se utilizeze un singur convertor analog numeric pentru fiecare grupă de același fel de mărimi măsurate. Comutația ciclică se poate face fie pe bază de selectoare, fie cu circuite electronice, de exemplu tuburi în gaz cu electrod de comandă (titratroane cu catodă rece).

În fig. 13 este arătată schema unui ansamblu de măsuri ciclice pentru indicare, folosind con-

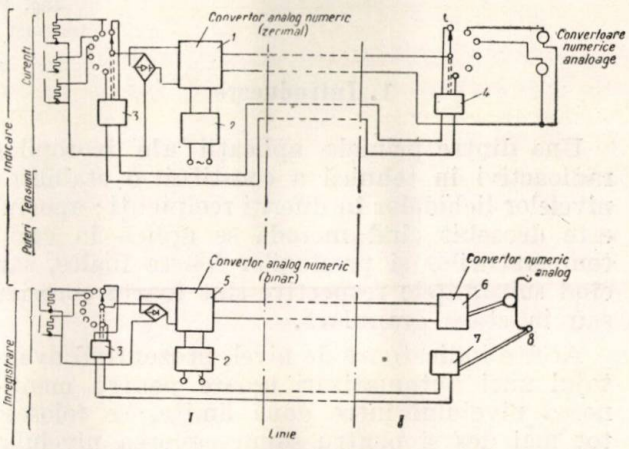


Fig. 13.

1 – convertor analog–numeric zecimal; *2* – redresor stabilizat; *3* – instalație de transmisie pentru telecomandă; *4* – idem de recepție; *5* – convertor analog-numeric binar; *6* – idem numeric-analog; *8* – mecanism de antrenarea benzii.

vertor analog-numeric zecimal și pentru înregistrare, folosind convertor analog-numeric binar.

Asigurarea funcționării sincrone a comutației ciclice se poate face prin două fire (un canal) comune pentru toate măsurile de indicare sau înregistrare.

Concluzii

Folosirea convertorilor analog-numerici și numerici-analogi este indicată în conducerea sistemelor energetice din următoarele motive :

– reducerea dimensiunilor camerelor de comandă

– mărirea operativității

– reducerea costului instalației (la telemăsuri)

– posibilitatea înscrierii pe bandă a unui număr mare de date

– folosirea judicioasă a canalelor

– reducerea cablelor.

Se recomandă realizarea de convertoare analog-numerice zecimale pentru cazul indicării

mărimilor şi convertoare analog-numerice binare pentru înregistrare.

Se recomandă folosirea în special pentru posturile de dispecer sau pentru camerele de comandă ale staţiilor mari de tip exterior.

Întrucît pînă în prezent nu s-a trecut la nici o realizare practică este cazul să se treacă de urgenţă la experimentarea unei aparaturi care, după cum s-a văzut, este extrem de simplă.

Bibliografie

[1] Herring G. S., Lamb D.: *High — speed analogue to digital converters* Raport nr. CV/4 la conferinţa de „Electronică în automatizare" Cambridge 1957

[2] Whiţaker S. H.: *Data Reduction for optiumm plant efficiency* (part. II) Automation Progress *2* (1957) 8, 368.

[3] *Panalog information system log chart.* Panellit Inc. Skokie S.U.A. Prospect

[4] C. I. Penescu: *Automatica şi Telemecanica Sist. energetice.* vol. III Ed. Acad. R.P.R., 1960.

Despre nivelmetre cu surse radioactive şi folosirea lor la cazanele de abur

Ing. P. VEZEANU

Institutul Politehnic Bucureşti

1. Introducere

Una dintre primele aplicaţii ale izotopilor radioactivi în tehnică a constituit-o stabilirea nivelelor lichidelor în diferiţi recipienţi; aportul este deosebit cînd metoda se aplică în cazul temperaturilor şi presiunilor foarte înalte, sau cînd substanţele respective sînt foarte corosive sau în stare granulară.

Aceste indicatoare de nivel, prezentînd avantajul unei automatizări uşoare pentru menţinerea nivelului între două limite, se folosesc tot mai des şi pentru supravegherea nivelului apei în tamburii cazanelor de abur.

Utilizarea nivelmetrelor radioactive se face în concordanţă cu tendinţele construcţiei de cazane de abur: creşterea presiunii şi mărirea debitului. Astfel, la presiuni mari şi foarte mari, sticla de nivel nu poate fi folosită, nerezistînd solicitărilor mecanice; mărirea debitului de abur al cazanului face ca timpul maxim de întrerupere a alimentării cu apă să fie foarte mic, impunîndu-se o bună automatizare.

Înainte de a analiza o astfel de construcţie este necesară o prezentare a principalelor variante constructive de nivelmetre cu surse radioactive, utilizate astăzi în general, oricare dintre aceste soluţii — chiar dacă acest lucru nu s-a făcut pînă acum — putînd fi aplicată la stabilirea nivelului apei în tamburul cazanului.

2. Nivelmetru cu plutitor

Deasupra recipientului în care se află lichidul al cărui nivel trebuie stabilit se fixează detectorul, iar pe plutitor sursa radioactivă. Funcţionarea unui astfel de aparat se bazează pe variaţia intensităţii radiaţiei la detector (*2*) datorită modificării distanţei între acesta şi sursă (*1*), plutitorul urmărind variaţiile nivelului lichidului (fig. 1) [4], [5].

Intensitatea radiaţiei la detector variază invers proporţional cu pătratul distanţei sursă-detector, curba de gradare a indicatorului fiind parabolică. Neajunsul acesta este eliminat de o variantă constructivă, numită nivelmetru diferenţial, soluţie ce utilizează doi detectori (fig. 2) [2].

Variaţia poziţiei plutitorului duce la modificarea distanţei dintre sursă şi cei doi detectori (*2*). Semnalele electrice ale detectorilor se scad

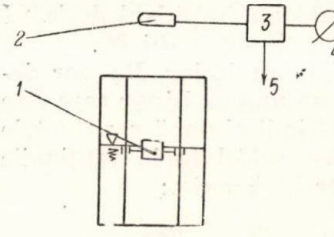


Fig. 1. Schema unui nivelmetru cu plutitor: *1* — sursa; *2* — detector; *3* — amplificator; *4* — aparat indicator; *5* — impuls spre regulator.

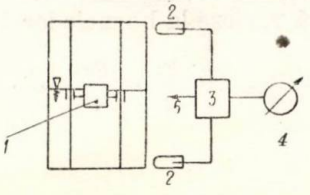


Fig. 2. Schema unui nivelmetru diferenţial: *1* — sursa; *2* — detector; *3* — amplificator; *4* — aparat indicator; *5* — impuls spre regulator.

în blocul electronic (*3*) la ieşirea căruia se află aparatul indicator (*4*) gradat în unităţi de nivel, putîndu-se trimite şi impulsul spre regulator (*5*). Pentru un interval de măsură de 1 metru, scara unui astfel de aparat nu diferă cu mai mult de $\pm 3\%$ de cea liniară.

3. Nivelmetru cu servosistem

Acest nivelmetru a apărut ca o perfecţionare a unei serii de aparate ce stabilesc limita de separare a două medii, cu coeficienţi de atenuare a radiaţiei diferiţi, atît sursa cît şi detectorul fiind exterioare recipientului şi plasate de o parte şi alta a lui [9], [10], [11], [12].

Pentru o anumită poziţie a nivelului lichidului sistemul electronic (*3*) poate fi reglat în

așa fel încît indicatorul (*4*) să semnalizeze „normal". Acesta va semnaliza nivel „coborît" sau „ridicat" după cum, fie că intensitatea radiației la contorul de jos a crescut datorită

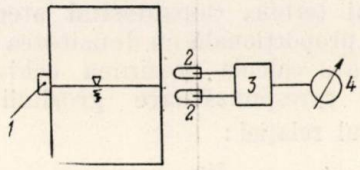


Fig. 3. Schema unui nivelmetru cu sursă și doi contori :
1 – sursa ; *2* – detector ; *3* – bloc electronic ; *4* – aparat indicator

faptului că nu se mai produce atenuarea în lichid, fie că intensitatea radiației se micșorează la contorul de sus, ca urmare a creșterii nivelului (fig. 3.) [3].

Nivelmetrele cu servosistem necesită sursa emițătoare γ, un singur detector și un sistem de deplasare a acestora în intervalul în care trebuie precizat nivelul.

Sursa (*1*) și contorul (*2*), figura 4, se montează pe două cărucioare ce se pot ridica sau coborî ghidat pe coloanele (*3*) și (*4*). În blocul electronic (*5*) se produce artificial compensarea tensiunii rezultate de la detector, în cazul cînd sursa și detectorul se află la suprafața de separație, existînd un echilibru al sistemului numai pentru această situație. Dacă nivelul lichidului se deplasează în orice sens, echilibrul se strică ; semnalul electric care apare, funcție de sensul de modificare al nivelului, se transmite sistemului de comandă (*6*). Acesta rotește corespunzător emițătorul autosincronizator (*7*), care la rîndul lui dă rotirea respectivă receptorilor autosincronizatori (*8*), obținîndu-se deplasarea concomitentă necesară a sursei și

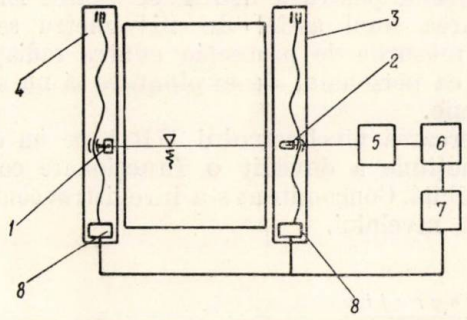


Fig. 4. Schema unui nivelmetru cu servosistem :
1 – sursa radioactivă ; *2* – contor ; *3* – *4* – coloane de ghidare ; *5* – bloc electronic ; *6* – sistem de comandă ; *7* – emițător autosincronizator ; *8* – receptor autosincronizator

detectorului la noua poziție a nivelului lichidului. Cînd această poziție este atinsă blocul electronic este din nou echilibrat.

Astfel de nivelmetre, construite pentru intervale de variație a nivelului pînă la max. 6 m și pentru diametre de recipienți între 5...8 cm și 5...7 m, pentru grosimi ale pereților acestora de max 10 cm oțel, au o eroare absolută sub 3 mm.

4. Nivelmetru cu sistem sursă-detector imobil

Nivelmetrul poate fi realizat în două variante constructive :

a) De o parte și alta a recipientului cilindric vertical (fig 5) se așează sursa (*1*) și sistemul detector (*2*) pe întreaga lungime a intervalului de măsurare. Mărimea curentului ce se transmite indicatorului (*4*) de către amplificatorul (*3*) depinde de cota nivelului lichidului ; pe porțiunea în care se află acesta există o atenuare mai puternică a radiației [2], [6], [8].

Un astfel de nivelmetru nu are părți mobile dar este mai puțin precis decît cel cu servosistem.

b) Și construcția din figura 6 prezintă avantajul că atît sursa cît și detectorul sînt imobile și exterioare recipientului. Intensitatea radiației

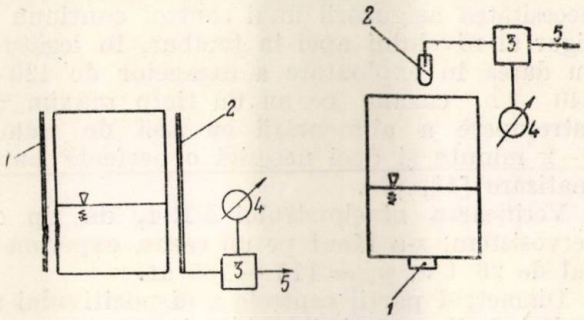


Fig. 5 și fig. 6. Scheme de nivelmetre cu sursă și detector imobil :
1 – sursa radioactivă ; *2* – contor ; *3* – amplificator ; *4* – aparat indicator ; *5* – impuls către regulator.

la contor, (căci în toate construcțiile prezentate pînă acum detectorul este un contor Geiger-Müller) scade o dată cu creșterea nivelului din cauza atenuării mai mari a radiației gamma în lichid, față de faza de deasupra (vapori). [7], [8].

Ca o remarcă generală pentru aceste nivelmetre : sursa radioactivă este necesar să fie constituită dintr-un emițător γ cu o duritate a radiației suficient de mare, pentru a putea străbate peretele, sau pereții, de oțel ai recipientului. Radioizotopul respectiv trebuie să aibe și o perioadă de înjumătățire suficient de mare, ca viața sursei să fie lungă și nici să nu fie necesare corecții dese în legătură cu modificarea activității sursei în timp. Co 60 satisface ambele cerințe, el fiind aproape exclusiv utilizat în aceste construcții.

5. Nivelmetru neutronic

Acest aparat se bazează pe termizarea diferită a neutronilor în cele două medii a căror suprafață de separație trebuie precizată.

Sursa de neutroni rapizi (*1*), legată rigid de receptorul de neutroni termici (*2*) se poate deplasa în cîmpul de variație al nivelului. Curentul în circuitul dispozitivului electronic de

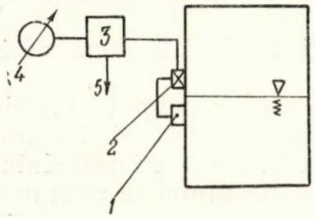


Fig. 7. Schema unui nivelmetru neutronic:
1 – sursa de neutroni rapizi; *2* – receptor de neutroni termici; *3* – bloc electronic; *4* – aparat indicator; *5* – impuls spre regulator.

măsură (*3*) variază brusc la suprafața de separație, putîndu-se stabili nivelul lichidului cu o precizie de 1 mm [2].

6. Stabilirea nivelului apei în tamburul unui cazan de abur

Încercările făcute în acest sens de Institutul Unional de Termotehnică (VTI) au izvorît din necesitatea asigurării unui control continuu și sigur al nivelului apei în tambur, în legătură cu darea în exploatare a cazanelor de 420 — 640 t/h, cazane ce au un timp maxim de întrerupere a alimentării cu apă de numai 1—2 minute și deci necesită o perfectă automatizare [1], [7].

Verificarea nivelmetrului UR-4, de tip cu servosistem, s-a făcut pe un cazan experimental de 20 t/h, $p_n = 175 - 185$ at.

Diametrul părții centrale a dispozitivului ar trebui să aibe valori cît mai mari (300—500 mm) pentru a se obține o diferență apreciabilă a intensității radiației în cazul că aceasta parcurge spațiul de apă sau cel de abur. Aceasta îngreunează construcția și de aceea la nivelmetrul

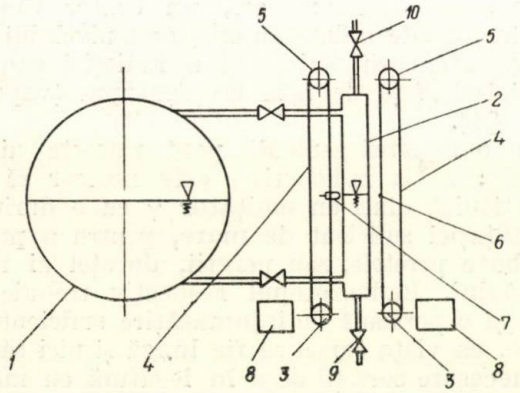


Fig. 8. Schema nivelmetrului cu servosistem aplicat la stabilirea nivelului apei în tamburul unui cazan de abur:
1 – tambur; *2* – partea centrală a nivelmetrului; *3, 5* – role; *4* – cablu; *6* – sursa radioactivă – Co 60; *7* – contor Geiger-Müller; *8* – autosincronizatoare receptoare; *9* – ventil de scurgere; *10* – ventil aerisire.

UR-4 s-a realizat un compromis, partea centrală a acestuia fiind constituită dintr-o țeavă 133 × 13,5 mm din oțel. Comunicația cu spațiile de apă și abur din tambur se face prin aceleași racorduri ale sticlei de nivel.

Activitatea sursei depinde de grosimea peretelui de oțel al părții cilindrice a dispozitivului, de diametrul lui precum și de grosimea izolantului termic. Considerînd atenuarea radiației γ proporțională cu densitatea materialului, se poate calcula grosimea echivalentă în oțel (s'_{OL}) corespunzătoare grosimii izolației, cu ajutorul relației:

$$s'_{OL} = s_{iz} \frac{\rho_{iz}}{7,9} \quad \text{(mm)}$$

în care:

s_{iz} este grosimea izolației, în mm;

ρ_{iz} — densitatea materialului izolant, în g/cm³.

Se obține astfel valoarea de calcul a grosimii de oțel:

$$s_c = s_{OL} + s'_{OL}$$

s_{OL} — grosimea peretelui de oțel.

După datele uzinei „FIZBRIBOR" din U.R.S.S., funcție de această grosime fictivă de oțel s_c și de diametrul părții centrale a dispozitivului, se poate alege activitatea sursei, în mCu, din tabela 1.

Tabela 1

s_c mm	Diametrul recipientului, cm			
	20 – 30	30 – 40	40 – 50	50 – 60
10 – 20	0,3	0,5	0,5	1
20 – 30	0,5	1,0	2,0	2
30 – 40	1,0	2,0	4,0	4

Bineînțeles că aceste valori sînt indicative. Pentru fiecare caz în parte, fiind precizată geometria sistemului, se face calculul respectiv. Se tinde să se lucreze cu activități cît mai mici ale surselor pentru a ușura ecranarea lor. La instalarea unui astfel de nivelmetru se iau toate măsurile de protecție contra radiațiilor, astfel ca personalul de exploatare să nu sufere cu nimic.

Încercarea nivelmetrului UR-4 pe un cazan în funcțiune a dovedit o funcționare corectă și sensibilă. Concomitent s-a înregistrat continuu poziția nivelului.

Bibliografie

[1] Dementiev V. A., Ioffe G. I. și Krol L. B. *O nouă metodă pentru supravegherea nivelului apei în tamburele cazanelor de abur*; Tehnica nucleară, nr. 2, 1958;

[2] Iordan G. G.: *Ispolzovanie izlucenii radioizotopov dlia kontrolia tehnologhiceskih professov*; Priborostroenie, nr. 1, 1956;

[3] Iordan G. G., Brodsky V. B. și Sotskov B. S. *L'emploi des isotopes radioactifs pour le controle de fabrication*; Actes de la Conférence Internationale sur l'utilisation de l'énergie atomique à des fins pacifiques, vol. XV, Genève, 1956;

[4] Pirojnikov L.: *Dostijeniia atomnoi fiziki-v promîşlennost stroitelnîh materialov*; Stroitelnîie Materiali, nr. 8, 1955;
[5] Neiman M. B.: *Radioaktivnie izotopi v himiceskoi tehnologhii*; Himiceskaia Nauka i Promîşlennost, nr. 1, 1956;
[6] Haiduc C. şi Carabogdan I.: *Folosirea izotopilor radioactivi la controlul şi reglarea funcţionării instalaţiilor energetice*; Tehnica nucleară, nr. 4, 1958;
[7] Costrikin I. M. şi Antonov A. I.: *Folosirea izotopilor radioactivi în energetică*; *Aplicaţiile energiei nucleare în industrie şi agricultură*. Caiet selectiv nr. 4, 1958;
[8] Guscin I. V. şi alţii: *Utili area radiaţiilor ionizante în instalaţiile de control automat*; *Aplicaţiile energiei nucleare în industrie şi agricultură*. Caiet selectiv nr. 6, 1958;
[9] Fendler H. şi Fendler H. G.: *Füllstandsmessung mit radioaktiven Isotopen*; VDI-Zeittschrift des Vereines deutscher Ingineure, mai 1954;
[10] Berthold R. şi Trost A.: *Geiger-Müller-Zöhlrohre und ihre Anwendungen in der Technik*; VDI-Zeittschrift des Vereines deutscher Ingineure, Ianuarie, 1951;
[11] Berthold R.: *Entwicklungen der zerslörungsfereien Werkstückprüfung*; Chemie — Ingeneur — Technik, ianuarie 1951;
[12] Berthold R. şi Trost A.: *Füllstand-Messung und -Steuerung mit radioaktiven Präparaten und zöhlrohren*; Chemiker-Zeitung noiembrie, 1954.

Aspecte din tehnica securităţii la sudura electrică cu arc

Ing. *GROSU ŞTEFAN*

În general, securitatea muncii se realizează prin măsuri tehnice la aparatele, maşinile sau instalaţiile folosite, prin unele măsuri administrative şi printr-o serie de reguli exprimate pe scurt şi difuzate cît mai larg. O altă măsură este aceea a educării celor ce utilizează maşinile, aparatele şi instalaţiile electrice, deci a maiştrilor şi muncitorilor, astfel încît aceştia să cunoască înşişi esenţa problemelor.

În ţări cu tehnică înaintată, în U.R.S.S. şi alte ţări, problemele de tehnica securităţii muncii se analizează şi se discută în paginile revistelor şi altor publicaţii, astfel că nu se consideră complet rezolvate.

Se ştie că, în general, măsurile de securitate au caracter statistic. În principiu nu există în nici un domeniu de activitate o securitate completă de 100%. Important este ca ansamblul măsurilor de securitate să fie practic de 100%. Din cauza acestui caracter statistic, este necesar să se meargă pe mai multe linii. De aceea, măsurile trebuie să fie bine gîndite, selecţionate şi normalizate, deoarece dacă sînt prea multe pot fi considerate plictisitoare pentru cei ce le aplică.

În lumina acestor precizări, ne vom ocupa în articolul de faţă de tehnica securităţii în domeniul sudării electrice cu arc, unde se produc, relativ frecvent, accidente.

Protecţia sudorilor electrici, în primul rînd împotriva pericolului de electrocutare, necesită o atenţie deosebită, datorită condiţiilor speciale în care aceştia îşi desfăşoară munca. Astfel, maşinile sau transformatoarele pentru sudura electrică cu arc sînt agregate care prin natura lucrului vin în contact sistematic cu sudorul, deoarece acestea sînt manevrate manual aproape pe toată durata operaţiei de sudare.

Pentru energeticieni, problema este în special de o deosebită importanţă. Munca sudorilor legată de lucrările specific energetice este de cele mai multe ori dusă în condiţii grele: pe şantiere, cu instalaţii improvizate, în umezeală, în cazane, unde se cer uneori intervenţii rapide etc. Dar în afară de aceasta, energeticienii sînt de cele mai multe ori tehnicienii cu cel mai ridicat nivel, în ceea ce priveşte cunoştinţele de electricitate, din întreprinderea unde lucrează. Aceasta ţinînd seama de faptul că energeticienii se găsesc în toate întreprinderile care în majoritatea lor au alt specific decît cel electric. În acest caz, lor le revine datoria, dacă nu întotdeauna din punct de vedere formal, dar în orice caz real, de a privi la nivelul cunoştinţelor lor problemele de securitate în legătură cu electrocutarea şi de a îndruma pe ceilalţi tehnicieni, în privinţa măsurilor ce trebuie luate. Aceasta se referă deci şi la transformatoarele şi maşinile de sudură electrică, chiar dacă în întreprinderea respectivă ele sînt folosite în alt sector de activitate decît cel energetic.

În cele ce urmează se vor semnala unele deficienţe în legătură cu concepţiile, cu normele existente de securitate şi cu unele aparate existente, deficienţe care pot duce la o probabilitate relativ mare la electrocutări. Acestea, după cum se va vedea, pot fi înlăturate prin măsurile care se preconizează şi a căror aplicare nu este complicată.

De asemenea, se vor arăta avantajele, în legătură cu preocupările articolului de faţă, ale unor sisteme de alimentare a posturilor de sudură, cu tehnicitate ridicată.

Securitatea muncii față de tensiunea ridicată (de alimentare)

A. **O măsură fundamentală este legarea corectă la pămînt a mașinii sau transformatorului.**

Această măsură este, după cum se va vedea, absolut necesară, dar nu suficientă. Uneori, contrar normelor, se contează numai pe izolația înfășurărilor, ceea ce nu este justificat, întrucît o izolație oricît de bună ar fi pînă la urmă tot îmbătrînește și se deteriorează. Nu trebuie înțeles însă din aceasta că o izolație bună nu este și ea o măsură fundamentală de securitate. După cum se va arăta în continuare, legarea la pămînt și izolația bună sînt măsuri care se completează.

În legătură cu legarea la pămînt, semnalăm următoarele aspecte:

1. *Cazul cînd legarea la pămînt se face corect la o priză bună, cu o rezistență ohmică mică*, conform „Normelor de tehnica securității în sudură" [1], care prevăd, la articolul 1451, ca toate părțile instalațiilor staționare sau mobile pentru lucrările de sudură electrică să fie legate la o priză bună de pămînt, a cărei rezistență să nu depășească 4 Ω și care trebuie făcută înainte de punerea sub tensiune și nu trebuie întreruptă decît după scoaterea de sub tensiune a instalației, iar legarea să se facă cu cabluri electrice de cupru, aluminiu sau oțel galvanizat, prevăzute cu papuci, avînd secțiunea minimă echivalentă cu 25 mm². Trecînd deocamdată peste constatarea că limita superioară pentru rezistența ohmică a prizei de pămînt indicată în aceste norme (4 Ω) este prea mare și admițînd că legarea la pămînt se face corect la o priză cu rezistență suficient de mică, trebuie arătat că chiar și în acest caz se pot întîmpla accidente în următoarele împrejurări:

a) Legătura la pămînt se face de la borna de pămînt sau, în lipsa acesteia, de la un punct al carcasei mașinii sau transformatorului. Este foarte important ca prin această legătură să se lege la pămînt în special volanul de reglaj al transformatorului și mînerele de manevră (de transport). Este posibil însă ca această condiție să nu fie îndeplinită din următoarele motive: la unele construcții de transformatoare (în special la unele din cele mai vechi) destul de mult folosite în țara noastră, suporții șuntului magnetic necesar reglării curentului de sudură se prind direct pe niște buloane care străbat miezul magnetic (fig. 1). Axul pe care se montează volanul de manevră străbate carcasa transformatorului, cu care poate avea numai atingeri întîmplătoare. Miezul magnetic este și el izolat față de carcasă prin buloane de strîngere, izolate de miez. În aceste condiții este posibil ca miezul să fie pus sub tensiunea primară din cauza deteriorării izolației acesteia, fără ca sistemele de protecție să acționeze, iar tensiunea să se transmită și să se mențină de la acesta la volan, care de asemenea nu este pus la pămînt (după cum este arătat schematic în fig. 1). Bineînțeles că în aceste împrejurări, miezul trebuie legat electric în interior la borna de pămînt, printr-o legătură directă (care este preferabilă) sau prin carcasă, de asemenea și volanul. Omiterea acestor legături la unele transformatoare a fost totuși posibilă din următoarele motive: STAS 2689-51 [2] pentru transformatoare de sudură prevede în mod precis legarea miezului magnetic la pămînt, însă multe din transformatoare sînt construite înainte de anul 1951. În această privință, unele norme străine de transformatoare de sudură, care se consultau uzual în țară [3], nu prevedeau legarea miezului la pămînt. Din aceste cauze a fost posibil ca aceste legături să scape și constructorilor și recepționarilor. Normele la care ne referim nu dau precizări nici în privința necesității unei legături electrice între volan și borna de pămînt. Necesitatea aceasta este posibil că nu a fost sezisată, avîndu-se în vedere o anumită construcție, sau s-a considerat probabil că aceste legături sînt subînțelese. Faptele dovedesc însă că aceste precizări sînt necesare. Mai puțin probabil, dar totuși posibil, aceleași lucruri se pot întîmpla și cu mînerele de manevră (fig. 1). În fig. 1, bobinajul primar este notat cu P, cel secundar cu S, șuntul magnetic cu Sh, miezul cu M, volanul cu V, mînerele cu m, bornele primarului cu B_i, cele ale secundarului cu B_e. De asemenea, este posibil ca legăturile, arătate la borna de pămînt existînd din construcție, să dispară atunci cînd se face o reparație. (Sînt constatări făcute în practică în legătură cu acest caz).

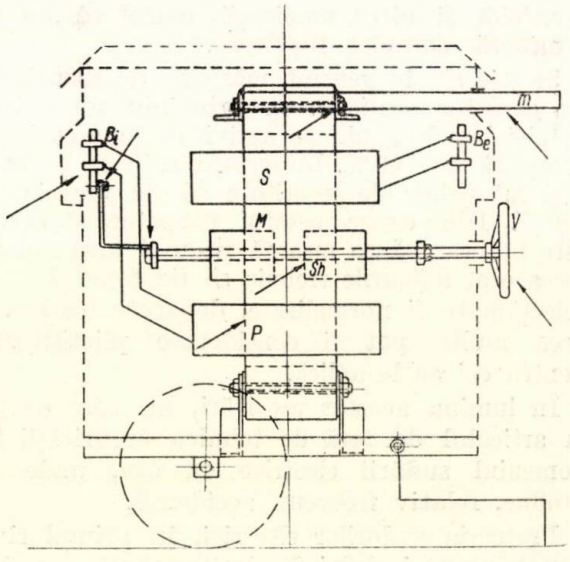


Fig. 1. Schema apariției tensiunilor periculoase la unele tipuri de transformatoare de sudură.

Trebuie de asemenea semnalat faptul că o legătură electrică a miezului la borna de pămînt este necesară, dar nu suficientă şi deci trebuie şi o legătură directă a volanului la borna de pămînt, şi aceasta din următoarele motive: la unele construcţii placa de borne a primarului este fixată direct pe sistemul de susţinere al şuntului magnetic şi al volanului, care de multe ori este izolat de miez. În aceste condiţii este posibilă punerea volanului sub tensiune, prin deteriorarea izolaţiei între bornele primarului şi suport, fără ca legarea miezului la pămînt să acţioneze.

Unele norme străine [4] de tehnica securităţii prevăd în mod explicit obligativitatea legăturilor a căror necesitate o semnalăm. Bineînţeles că aparatul are sau trebuie să aibă o bornă de pămînt unică, iar legăturile pieselor arătate sînt executate în interior.

Din această cauză, considerăm că este foarte important ca în normele de tehnica securităţii să se prevadă verificarea la locul de muncă ca şi la recepţie, dacă există o legătură electrică corespunzătoare între volan şi borna de pămînt, între miez şi borna de pămînt, între mînere şi borna de pămînt. Modul de verificare a acestor legături ca şi modul cum se execută ele, dacă nu există, sînt arătate la sfîrşit.

b) În legătură cu prevederile normelor pentru legătura la pămînt, care nu poate fi desfăcută decît după scoaterea de sub tensiune, trebuie precizat că aceasta trebuie făcută cu un întreruptor care să întrerupă ambele legături la reţea ale circuitului monofazat al transformatorului şi nu numai una singură, cum se întîmplă uneori, în care caz transformatorul poate avea circuitul primar întrerupt şi totuşi poate fi sub tensiune.

2. *Cazul cînd legarea de pămînt se face în condiţii nesatisfăcătoare.* Lucrul acesta este destul de frecvent. Legarea la pămînt are uneori un caracter formal; contactele sînt insuficiente, firul de legătură insuficient dimensionat, faţă de curentul la care acţionează sistemele de întrerupere ale curentului de alimentare. Uneori, firul fiind izolat poate fi întrerupt fără ca aceasta să se observe.

Dar cel mai important lucru care trebuie arătat este acela că de multe ori o legătură bună la pămînt nu se poate realiza din cauza prizei de pămînt insuficiente. După cum am mai spus, rezistenţa de 4 Ω, admisă pentru priza de pămînt, este prea mare, în majoritatea cazurilor şi în special pentru transformatoare. Legarea la pămînt asigură contra accidentelor mai ales cînd, (prin deteriorarea izolaţiei faţă de masă), rezultă un curent atît de mare încît acesta întrerupe tensiunea de alimentare prin topirea siguranţelor sau funcţionarea automatelor. Or, în cazul unor prize de pămînt de ordinul de mărime indicat în normele citate, acest lucru de multe ori nu se întîmplă. La aceasta poate contribui şi lipsa de coordonare dintre rezistenţa ohmică a prizei de pămînt şi sensibilitatea sistemului de întrerupere a tensiunii de alimentare. În cazul prizelor de pămînt insuficiente trebuie luate alte măsuri referitoare la legarea la pămînt. Spre exemplu: introducerea unor automate care să întrerupă tensiunea de alimentare, ca urmare a depăşirii unei anumite tensiuni (spre exemplu: 40 V) între carcasă şi pămînt.

Lucrurile acestea fiind principial cunoscute, ne mulţumim deocamdată numai să le reamintim, urmînd să mai revenim asupra lor, întrucît o discuţie cu privire asupra concepţiei referitoare la legarea la pămînt şi la realizarea ei şi mai ales o remediere a situaţiei este absolut necesară.

Desigur că nu este de dorit să nu avem o priză bună de pămînt, dar cum acestea nu se realizează uşor şi nici nu le putem avea întotdeauna la dispoziţie, trebuie să se admită şi această eventualitate. Din această cauză trebuie prevăzute măsuri suplimentare, care să constituie o rezervă faţă de o legare insuficientă la pămînt. Experienţa arată că trebuie dată o mare însemnătate acestor rezerve. Acestea sînt:

a) Izolaţia maşinilor şi transformatoarelor trebuie să fie bună şi rezistentă la umezeală, fiind deci necesară impregnarea bobinajelor. În această privinţă considerăm că este justificată tensiunea de încercare de 5 000 V prevăzută de STAS 2689-51, mai mare decît în alte norme străine.

b) De asemenea, găsim că este indicată izolarea în special a punctelor sensibile, a volanului şi a mînerelor, cu atît mai mult cu cît această izolaţie electrică corespunde şi cu o izolaţie termică. Folosirea unui volan din material izolant, aşa cum s-a propus de către un inovator de la un trust de instalaţii, şi folosirea unor manşoane izolante de manevră sînt măsuri foarte eficace. Asemenea măsuri apar şi în cataloagele unor întreprinderi străine.

În lipsa unor piese din material izolant se pot izola aceste piese metalice cu bandă izolantă (spre ex. bandă sterling).

c) De asemenea, considerăm ca nerecomandabilă, din punctul de vedere al tehnicii securităţii, fabricarea transformatoarelor (executate curent la noi în ţară) cu tensiunile de alimentare 220—380—500 V. În acest mod apare în transformator (prin funcţionarea primarului cu autotransformator), o tensiune faţă de pămînt, în majoritatea cazurilor superioară tensiunii de alimentare. Construcţia cu mai multe tensiuni de alimentare la un acelaşi transformator este neindicată şi sub aspectul economic, conducînd la transformatoare mai scumpe şi mai grele, iar folosirea unui aceluiaşi transformator la mai multe tensiuni de alimentare este în general

puţin probabilă. Din aceste motive această fabricaţie nu este indicată.

d) În afară de cele arătate mai sus, reamintim măsurile uzuale de izolaţie care sînt totdeauna bine venite: covoare de cauciuc, mănuşi izolante, încăperi uscate, podele izolante din calupi de lemn, şi unele măsuri şi mai simple, cum ar fi încălţămintea izolantă constînd în cisme de cauciuc, galoşi de cauciuc sau chiar încălţăminte cu talpă de cauciuc. Trebuie semnalat că încălţămintea izolantă şi în general izolarea de sol nu protejează în toate cazurile, fiind posibil un accident prin atingerea cu mîna a unei piese puse sub tensiune (spre exemplu volanul nelegat electric la borna de pămînt) şi o piesă pusă la pămînt, spre exemplu carcasa transformatorului. În acest caz, legarea la pămînt a carcasei poate uneori să mărească pericolul în loc să-l micşoreze. În alte împrejurări este posibilă apariţia tensiunii dintre faze (380 V în loc de 220 V), între o piesă (de exemplu volanul) şi carcasă. În acest caz, punerea la pămînt cel puţin a carcasei are un efect favorabil, deoarece împiedică apariţia tensiunii mărite. De aici rezultă concluzia că cele arătate la pct. 1 a. sînt cu atît mai necesare.

3. *Cazul cînd nu se face legarea la pămînt.* Această ipoteză nu trebuie cu desăvîrşire exclusă. Cei care au lucrat efectiv în ateliere şi pe şantiere îşi pot da seama de realitatea acestei afirmaţii. Deşi în ultimul timp se constată mai rar transformatoare de sudură nepuse la pămînt, totuşi aceste situaţii există în special la transformatoarele de pe şantiere, care se mută din loc în loc. În legătură cu această posibilitate, considerăm ca necesare, cu atît mai mult, măsurile arătate la pct. 2.

4. De asemenea, considerăm ca neindicată recomandarea din STAS 2689-51, care prevede *legarea electrică a unei borne a secundarului la borna de pămînt a transformatorului.* În caz că nu se face legarea la pămînt a aparatului şi se produce o străpungere între primar şi miez, tensiunea periculoasă a primarului trece nemijlocit în circuitul secundar, la electrod, la piesa de sudat şi la masa de sudură etc., a căror legare la pămînt poate fi insuficientă sau chiar inexistentă. Acestea pot fi atinse şi de alţi muncitori în afară de sudorul care lucrează. În caz că nu ar exista legătură directă a secundarului la borna de pămînt, ar mai fi rămas o rezervă de izolaţie, şi anume izolaţia înfăşurării secundare faţă de miez. În consecinţă, considerăm ca legarea la pămînt a transformatorului şi a circuitului secundar (prin masa de sudură sau piesa de sudat) să se facă separat. Raţionamentul care stă la baza acestei consideraţii este bazat pe elemente statistice. Ulterior formulării acestui punct de vedere, autorul a fost sezisat de un accident produs exact în condiţiile acestui aliniat.

5. În legătură cu securitatea muncii sudorilor, se poate recomanda soluţia în care *sudura se execută prin alimentarea mai multor posturi de la un transformator trifazat stabil, cu secundarul în stea, cu neutrul legat la pămînt*, fiecare post de sudură avînd reglajul printr-un reactor separat. La acest sistem, izolaţia transformatorului este de obicei mult mai bună, transformatorul fiind în majoritatea cazurilor în ulei.

Acest sistem de sudură este în multe cazuri şi economic ca investiţii şi ca randament.

B. Remedieri la locul de muncă

În afară de obişnuitele reparaţii, la locul de muncă se pot face remedieri, cum sînt: legarea electrică a miezului şi în special a volanului la borna de pămînt unică a aparatelor, izolarea volanului, etc.

În primul rînd, trebuie să vedem dacă aceste legături există sau nu, deoarece în general ele există. Primul mod de cercetare a acestor legături este cel vizual. De cele mai multe ori se vede că volanul are un punct de contact constant cu carcasa şi prin aceasta cu borna de pămînt. Lucrul acesta se poate vedea demontînd capacul. În acelaşi mod poate reieşi legătura mînerelor cu carcasă. Atingerile întîmplătoare cu carcasa nu pot fi luate însă în considerare. Legătura miezului la carcasă se face uneori după posibilităţi, într-una din variantele *A* sau *B* din fig. 2. Varianta *B* conduce la un contact mai sigur, dar are dezavantajul că favorizează scurtcircuitarea tolelor. Placa de contact se face din alamă (sau cupru) de 0,3—1 mm grosime, de lăţime mai mică, ca pachetul de tole, care se leagă apoi printr-un conductor suficient dimensionat, preferabil sudat de placă, direct sau indirect la borna de pămînt. Uneori legătura se face prin prelungirea plăcii de contact. Dacă nu sîntem convinşi că legăturile la bornă ale volanului sau mînerelor există, se poate face şi următoarea încercare: se realizează montajul din fig. 3, în care *A* reprezintă o sursă de alimentare de joasă tensiune (acumulator sau baterie galvanică de circa 4 V), *B* — un bec de aceeaşi tensiune cu sursa de alimentare şi V_1 şi V_2 — două vîrfuri metalice. La atingerea vîrfurilor, becul se aprinde. Dacă atingem cu unul din vîrfuri borna de pămînt a aparatului şi cu celălalt piesa căreia îi verificăm legarea la bornă, becul se aprinde aproximativ cu intensitatea normală (ca la atingerea

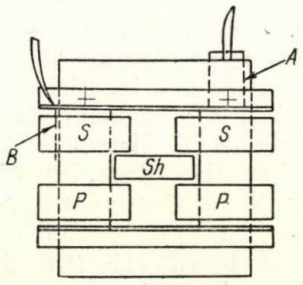


Fig. 2. Două moduri uzuale de contact la miezul magnetic, pentru legarea acestuia la borna de pămînt a transformatorului.

directă a vîrfurilor între ele) ceea ce înseamnă că legătura electrică există. Trebuie avut în vedere să nu apară rezistență la contact la locurile de contact între vîrfuri și suprafețele în atingere cu acestea. O slăbire sensibilă sau stingerea becului înseamnă că legătura este imperfectă sau că nu există. Este indicat ca proba să se repete de cîteva ori, avîndu-se grijă ca nu cumva legătura la bornă să pară bună și în realitate să fie realizată prin atingeri întîmplătoare (de exemplu, axul volanului atinge capacul sau peretele de trecere). Folosirea acestui dispozitiv, pentru a verifica calitatea legăturii miezului la borna de pămînt, este mai puțin indicată, deoarece într-un punct al acestuia și bornă apar în mod inerent rezistențe de contact mai mari.

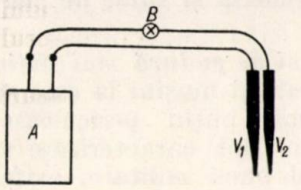


Fig. 3. Aparat pentru determinarea contactului electric între o piesă și borna de pămînt a unui aparat.

În privința calității legăturilor, cercetarea vizuală este mai concludentă. Cele două moduri de cercetare se completează.

Trebuie dată atenția cuvenită contactelor care trebuie asigurate contra slăbirii prin deșurubare și care trebuie realizate pe cît posibil prin suprafețe inoxidabile.

Modalitățile de remediere și de verificare a defectelor, așa cum s-a arătat aici, au un caracter indicativ. Un tehnician va putea aprecia, de la caz la caz, care este modalitatea cea mai potrivită de remediere. Astfel, s-ar putea să găsească că este mai simplu ca legătura volanului la carcasa transformatorului să o facă prin exterior, spre exemplu: de la partea de ax (în contact cu volanul) care este în exterior (deși intervine o complicație, aceea că axul este rotativ și deci va trebui o brățară de contact, care să alunece pe ax). În privința modului de cercetare a existenței legăturilor, va putea aprecia, ținînd seama de împrejurări, dacă se poate mulțumi numai cu unul din cele două moduri indicate. De asemenea, dacă va constata că volanul și mînerele sînt în contact electric sigur cu carcasa, va putea să renunțe pentru un timp oarecare la verificarea și realizarea legării miezului la carcasă și deci la intervenții în interiorul transformatorului, lăsîndu-le pentru o perioadă de lucru mai liniștită, sau mai de grabă cu ocazia unei revizuiri generale a transformatorului (în atelierul de întreținere electrică). Aceasta cu atît mai mult, cu cît intervențiile în interior necesită un lucru mai îngrijit și mai multă experiență, avîndu-se grijă să nu se deterioreze izolația.

(Legarea miezului rămîne totuși necesară, în anumite cazuri micșorînd pericolul pătrunderii tensiunii înalte peste cea joasă).

Legarea volanului la carcasa transformatorului poate provoca uneori (în cazuri mai rare), atunci cînd există defecte în izolația pieselor sau buloanelor care suportă șuntul magnetic, formarea unei spire în scurtcircuit. Acest caz se constată, de obicei, prin încălzirea legăturii. În acest caz este indicat, pentru înlăturarea scurtcircuitului, să se ceară concursul unui electrotehnician mai experimentat, care va analiza situația de la caz la caz.

Trebuie de asemenea remarcat că, dacă miezul este legat la carcasă, de cele mai multe ori, practic, nu mai este necesară legătura directă a mînerelor la carcasă (atunci cînd nu rezultă chiar din construcție).

În privința legăturilor trebuie precizat că nu este neapărat necesar ca acestea să fie realizate în mod aparte. Ele pot să rezulte prin însăși construcția mecanică a mașinii sau transformatorului. Spre exemplu, dacă axul șuntului, care susține volanul, se rotește în lagăre, care la rîndul lor se găsesc în piese metalice, deci constructiv vin în contact permanent cu carcasa și indirect cu borna de pămînt, legătura se consideră că există.

Trebuie recomandat ca atenția să se îndrepte în special asupra mașinilor și transformatoarelor de tip vechi sau a construcțiilor improvizate sau reparate. La astfel de construcții s-au constatat deficiențele semnalate.

Măsurile arătate la II A 2 b, izolarea părților sensibile, volane, mînere, pot dispensa de executarea legăturilor între acestea și carcasă la locul de lucru și măresc securitatea, chiar cînd aceste legături există.

Este de la sine înțeles că toate cele arătate aici nu modifică necesitatea binecunoscută a legării la pămînt corecte a aparatelor, mașinilor, instalațiilor, meselor și pieselor de sudat, conform pescripțiilor existente. Mai mult, considerăm că această analiză va pune și mai bine în evidență această necesitate.

Securitatea în legătură cu tensiunea redusă (de sudură)

Conform STAS 2689-51, tensiunea de sudare la mers în gol este limitată la 75 V. Această tensiune, deși mai puțin periculoasă prin mărimea ei decît tensiunea rețelei, devine periculoasă prin probabilitatea mare de a veni în contact cu sudorul, fiind prezentă continuu la cleștele de sudură. Se cunosc relativ multe cazuri de electrocutări la această tensiune. Pericolul este cu atît mai mare cu cît sudorii lucrează transpirați, obosiți, în umezeală, în cazane și la construcții metalice.

Nu vom analiza aici măsurile cunoscute din tehnica securității, care, dacă sînt respectate cu strictețe, asigură o protecție integrală. Se știe că aceste măsuri constau în: folosirea de clește și mănuși izolante, covoare de cauciuc pentru cei care lucrează în cazane etc.

Ne vom ocupa, în continuare, de unele cazuri în care există un pericol mărit și vom arăta măsurile care trebuie luate, și de unele măsuri suplimentare care conduc la creșterea securității muncii.

1. *Transformatoare de sudură cu tensiune de lucru ridicată.* Există transformatoare de construcție mai veche, la care bobinele secundarului se pot lega fie în paralel, cînd acoperă gama de intensități mari de sudură, cu tensiunea în gol circa 65—70 V, fie în serie, cu tensiunea dublă de 130—140 V, pentru sudarea tablelor subțiri. Folosirea acestor tensiuni trebuie interzisă. Din punct de vedere tehnologic există soluții mai bune pentru sudarea electrică a tablelor subțiri, fără depășirea tensiunilor reglementate în standarde.

2. *Ridicarea tensiunii de lucru la posturile de sudură grupate cu un transformator și mai mulți reactori.* Vom arăta că la astfel de posturi

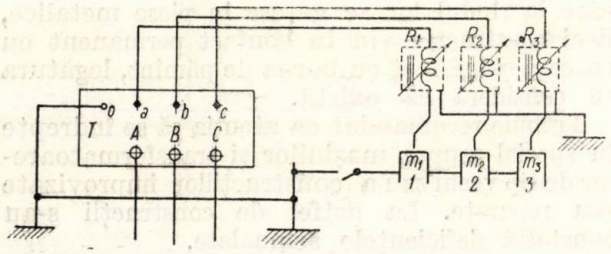


Fig. 4. Schema posibilității de apariție a tensiunii mărite la sudarea cu transformator central și posturi de sudură cu reactor.

pot apărea tensiuni mărite din cauza unor legături nesatisfăcătoare la pămînt. Se explică aceasta prin schema din fig. 4, în care T este un transformator trifazat, alimentat de la rețea, iar de la bornele de fază de joasă tensiune a, b, c, se alimentează prin reactorii R trei posturi de sudură. Bobinajul de joasă tensiune al transformatorului T este în stea, avînd neutrul legat la pămînt. Să presupunem că mesele de sudură, m_1, m_2, m_3, sînt legate la pămînt prin legături nestabile, conform figurii. De multe ori astfel de legături se fac (în mod incorect, bineînțeles) așezînd cîte o bară de fier între mese și o bară de fier între una din mese și o construcție metalică legată la pămînt. În acest caz, se pot întîmpla următoarele: legătura la pămînt să se desfacă, bara sau legătura la pămînt fiind dată la o parte dintr-un motiv oarecare. La un moment dat, unul din sudori, cel de la postul *2* spre exemplu, atinge electrodul de masă (cu intenție de a suda). În acel moment apare între cleștii de sudură ai celorlalte două posturi și mesele respective tensiunea de $\sqrt{3}\ U_s$ (U_s fiind tensiunea de sudură), deci circa 120 V. Această tensiune mărită poate surprinde pe unul din sudorii de la posturile *1*,*3* în contact cu cleștele. Deși cazul considerat este relativ puțin probabil, deoarece desfacerea legăturii de pămînt, în acest caz, conduce la dificultăți în continuarea lucrului și deci la sezisarea defectului, totuși nu trebuie neglijat. În consecință, nu trebuie admise legături la pămînt improvizate, așa cum s-a arătat mai sus. Cu atît mai mult cu cît astfel de legături formează și surse de pierderi de energie.

3. *Folosirea de tensiuni de sudură mai puțin periculoase.* Există aparate și mașini la care se sudează cu tensiuni mai puțin periculoase. Aceste aparate și mașini sînt caracterizate și printr-o sudură de mai bună calitate, astfel că cu acestea se rezolvă simultan două probleme importante. Stadiul actual avansat al tehnicii în țara noastră permite procurarea unor astfel de utilaje, care sînt mai complicate.

Astfel:

a) Generatoarele de curent continuu. Se știe că din punct de vedere tehnologic sudarea în curent continuu are un domeniu mai larg de folosire, iar lucrul se execută mai ușor. În același timp, tensiunea în gol este mai mică ca la transformatoarele de 50 Hz și mult mai puțin periculoasă prin faptul că este curent continuu.

b) Sudarea în curent alternativ, de frecvență ridicată. Folosirea curentului alternativ de frecvență ridicată aduce o serie de avantaje tehnologice (sudură de calitate superioară, lucru mai ușor). În afară de aceasta, tensiunea în gol se micșorează. Astfel, la o frecvență de 150 Hz nu este necesar să se depășească 60 V. De asemenea, chiar la tensiune egală, majoritatea autorilor consideră că pericolul este mai mic la 150 Hz decît la 50 Hz. Astfel, făcîndu-se experimentări pe animale, la tensiunea de circa 120 V [6] și în condiții egale, s-a constatat că pe cînd la 50 Hz s-au produs 100% electrocutări, la 100 Hz s-au produs numai 45%, iar la 150 Hz nu s-a produs nici una. Deși experiențele pe animale nu sînt totdeauna concludente pentru oameni, majoritatea cercetătorilor, ținînd seama atît de astfel de experiențe cît și de alte elemente, ajung la concluzia că cele mai periculoase frecvențe sînt cele de 50—60 Hz și că abaterile în ambele sensuri ale frecvenței micșorează pericolul.

În concluzie, deși unii autori consideră că frecvența de 150 Hz prezintă un pericol mărit, ținînd seama de cele arătate mai sus, de părerea majorității cercetătorilor și de faptul că tensiunea în gol se micșorează, considerăm sistemul de sudură la 150 Hz avantajos din punctul de vedere al protecției muncii.

c) Sudarea cu arc trifazat, pe lîngă o serie de avantaje de ordin tehnologic, prezintă și avantajul unei micșorări sensibile a tensiunii de sudare și deci mărirea securității muncii.

4. *Folosirea de dispozitive pentru întreruperea tensiunii în timpul pauzelor.* Sînt cunoscute diverse dispozitive de acest fel (de altfel puțin introduse în exploatare), din care cauză nu insistăm asupra lor. În afară că întrerup tensiunea periculoasă de mers în gol, acestea conduc și la economie de energie.

5. Concluzii

În cele prezentate se semnalează cîteva aspecte, în general neținute în seamă, în legătură cu tehnica securității muncii sudorilor electrici. S-a avut în vedere numai protecția împotriva electrocutării. Se știe însă că, deși aceasta este problema principală, nu este unica. Deși s-a căutat să se facă o analiză amănunțită, problema nu trebuie considerată epuizată. Ca urmare la cele arătate, considerăm că normele de tehnica securității în sudura electrică trebuie completate în special cu obligativitatea verificării la punerea în funcțiune a unui aparat (în special transformator), cum și a verificării tuturor aparatelor mai vechi în funcțiune, cu privire la existența și calitatea legăturii electrice între piesele de manevră (volane, mînere etc.) și borna de pămînt a aparatului.

De asemenea, considerăm că trebuie discutată și perfecționată concepția cu privire la modul de legare la pămînt și rezistența ohmică a prizei de pămînt.

Considerăm că accidentele întîmplate puteau fi evitate prin măsuri relativ simple. De asemenea, considerăm că neglijența, subestimarea pericolului și optimismul datorit unor experiențe proprii insuficiente, necunoașterea problemelor sînt cauzele principale ale producerii accidentelor.

Revenim iarăși asupra importanței cunoașterii tehnicii securității muncii de către tehnicienii sudori, care să meargă pînă la cunoașterea fondului problemei.

Bibliografie

[1] Ministerul Industriei Metalurgice și Construcției de Mașini. Comitetul Central al Sindicatului Muncitorilor din M.I.M.C.M.: *Norme de tehnica securității în sudură.*

[2] STAS 2689-51. *Transformatoare de sudură electrică cu arc, pînă* la 500 A.

[3] GOST 95-51 și 95-41.: *Transformatoare pentru sudura electrică cu arc.*

[4] * * * Standard of Underwriters'Laboratories inc. *Transformer type arc — welding machines*, p. 16—17.

[5] STAS R 2840-51. : *Stații și posturi de transformare. Punerea la pămînt. Prescripții.*

[6] Kuzneţov A. I.: *Tehnica securității în instalațiile electrice.* Editura Tehnică, 1952 (Traducere din limba rusă).

DIN PRODUCȚIE

Măsuri pentru reducerea consumului de energie în mori

1. Consumul de energie în mori

Morile se caracterizează printr-un coeficient de mecanizare ridicat. Puterea care revine la un muncitor este de 8—12 kW.

Numărul orelor de utilizare a puterii maxime absorbite atinge 6 500—7 000 ore/an.

O moară cu capacitate mare de prelucrare (200—350 t/24 h) utilizează în aceste condiții 4—6 milioane kWh/an.

Faza hotărîtoare a procesului tehnologic, măcinarea cerealelor (cuprinde sfărîmarea brută, desfacerea și mărunțirea fină a produselor), necesită cea mai mare parte a energiei consumate de moară, și anume pentru acționarea valțurilor.

Studierea reducerii consumului de energie la valțuri este deci de mare importanță.

2. Influența indicelui de utilizare a valțurilor asupra consumului de energie

2.1. Dintr-un mare număr de determinări pe valțuri de diferite construcții a rezultat că puterea necesară pentru acționarea unui valț poate fi pusă sub forma:

$$P = A + B + \frac{S_e}{S_n} C \qquad [kW]$$

A — puterea pentru învingerea frecărilor la mers în gol;

B — puterea pentru învingerea frecărilor adiționale la punerea în sarcină a mașinii:

C — puterea pentru prelucrarea propriu-zisă la sarcina nominală;

$\frac{S_e}{S_n}$ — raportul între încărcarea efectivă și cea nominală.

Este util a se raporta puterea la o lungime de 1 m de valț. În acest caz:

$$p = a + b + \frac{S_e}{S_n} c \qquad [kW/m].$$

Valorile orientative găsite pentru factorii de mai sus sînt următoarele:

$a = 0{,}5 - 1$ kW/m
$b = 0{,}7 - 1{,}4$ kW/m
$c = 0{,}75 - 1{,}0$ kW/m.

Valoarea mică a puterii necesare la mers în gol, a kW/m, corespunde valțurilor lungi (1500 mm) și bine întreținute. Valorile mari corespund la valțuri scurte (600—800 mm) și cu uzura mai mare.

Puterea b pentru învingerea frecărilor adiționale la punerea în sarcină (cuplarea tăvălugilor alimentatori) este influențată și ea de factorii de mai sus.

Puterea $\frac{S_e}{S_n}$ c corespunzătoare prelucrării propriu-zise, variază în funcție de încărcarea cu care lucrează mașina. Este de remarcat că în toate cazurile factorul c este mic față de $a + b$, deci utilizarea valțului la încărcare ridicată este foarte avantajoasă din punct de vedere energetic.

2.2. Se supune unei analize felul în care este utilizată zona activă a valțului, adică spațiul dintre tăvălugi.

În cazul valțului pe care s-a efectuat studiul (făcînd parte din valțurile șrot I), se prelucrează efectiv 290 kg/dm h.

S-a determinat că un bob de grîu ocupă în medie o suprafață de 21 mm².

Viteza de înaintare a bobului în zona activă este de aproximativ 3,6 m/s.

Se calculează cantitatea de grîu care poate fi prelucrată pe 1 dm lungime de valț:

$$N = \frac{1 \times 36}{0{,}0021} \cong 17000 \text{ boabe/dm s.}$$

Chiar dacă spațiul este utilizat numai parțial:

$$n = 17000/4 = 4250 \text{ boabe/dm s.}$$

Exprimat în kg grîu:

$$q = 4{,}250 \times 0{,}04 = 0{,}170 \text{ kg/dm s.}$$
$$Q = 0{,}170 \times 3600 = 612 \text{ kg/dm h.}$$

Se constată că indicele de utilizare al valțului (290 kg/dm h) este foarte mic față de cel posibil, rezultat din calcul (612 kg/dm h), ceea ce este dezavantajos și din punct de vedere energetic.

3. Măsuri pentru reducerea consumului de energie la valțuri

S-a stabilit prin experiențe că este posibil a se mări indicele de utilizare a valțului, prin îmbunătățirea alimentării, obținîndu-se prin aceasta o încărcare mai mare a zonei de lucru.

S-a urmărit:

— introducerea boabelor în zona de sfărîmare cu o viteză care să se apropie cît mai mult de viteza cu care ele sînt antrenate între tăvălugi;

— dirijarea boabelor în așa fel ca ele să vină în contact cu tăvălugii la o distanță cît mai mică față de zona activă.

Practic, rezolvarea problemei s-a obținut în acest caz prin mărirea turației tăvălugilor de alimentare.

La mașina studiată, viteza periferică a tăvălugilor de alimentare este

$$v_a = \frac{3{,}14 \cdot d \cdot n}{60} = 0{,}335 \text{ m/s.}$$

Viteza periferică a tăvălugilor de lucru este:

$$v_1 = 5{,}25 \text{ m/s.}$$

$$v_2 = 2{,}10 \text{ m/s.}$$

Viteza medie care se imprimă boabelor:

$$v_m = \frac{5{,}25 + 2{,}10}{2} = 3{,}675 \text{ m/s.}$$

Bobul de grîu adus de tăvălugul de alimentare parcurge în cădere, pînă la tăvălugul de

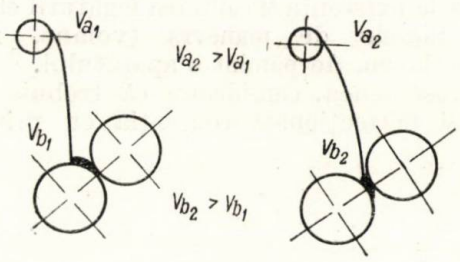


Fig. 1.

lucru, o distanță verticală de 170 mm și sub efectul gravității își mărește viteza.

Neglijînd rezistența aerului, viteza bobului se calculează cu suficientă aproximație:

$$v_b = v_a + \sqrt{2\,gh} = 0{,}335 +$$
$$+ \sqrt{2\,g \times 0{,}17} = 2{,}155 \text{ m/s.}$$

Se constată deci și cifric că boabele de grîu sosesc la tăvălug cu viteză mai mică decît aceea cu care ele ar putea fi prelucrate. Aceasta are ca urmare că zona de prelucrare nu este complet utilizată și că la tăvălugi se pierde energie (prin frecare, în zona unde boabele trebuie accelerate), care se degajă sub formă de căldură.

Ar fi de dorit ca turația tăvălugilor de alimentare să fie mărită cu atît ca v_b să devină egal cu v_m. Poziția tăvălugului de alimentare este însă astfel că ridicarea în așa măsură a turației ar provoca ciocnirea boabelor de tăvălugul superior și ele nu ar sosi direct în zona de sfărîmare. S-a putut proceda totuși la ridicarea turației tăvălugului de alimentare, cu 20%, fără ca prin aceasta să se ajungă la deficiențele semnalate.

S-a obținut prin această măsură ridicarea indicelui de utilizare a valțului de la 290kg/dm h la 442 kg/dm h

4. Efectul economic al măsurilor aplicate.

Ca urmare la ridicarea indicelui de utilizare al valțului studiat, a fost oprit și trecut în conservare un alt valț dublu cu lungime de $2 \times 0{,}80$ m $= 1{,}60$ m.

Se economisesc cheltuieli de întreținere, de amortizare, și în ultimul rînd cheltuieli de energie de acționare (în acest caz 24 900 lei/an). Se mai economisește lubrifiant, curea de transmisie și manoperă de deservire.

Trebuie precizat că economia de energie provine de la factorii *a* și *b* (a se vedea pct. 2.1), consumul necesar pentru prelucrarea propriu-zisă fiind trecut asupra valțului în funcțiune.

5. Concluzii

Ridicarea indicelui de utilizare, realizată la valț prin mărirea turației tăvălugului de alimentare, este avantajoasă din punct de vedere economic în general și energetic în special. Prin oprirea unui singur valț dublu de $2 \times 0{,}80$ m, se realizează o economie de peste 34 000 kWh/an.

Lucrările pentru aplicarea metodei se execută ușor, fără consum de fonduri, de brigada de întreținere a morii. La valțurile care au tăvălugii de alimentare acționați prin curea, direct de pe axul primar, turația mărită se obține montînd pe acest ax o roată de curea cu diametrul cu 20% (sau după caz) mai mare.

Modificarea se poate pregăti și aplica fără conturbarea producției.

Ing. **Gheorghe Reusz**

ENERGETICA PESTE HOTARE

Perspectivele hidroenergeticii bulgare în perioada 1960 — 1965

Ing. *A. FILOTTI*

În perioada de după cel de-al doilea război mondial, R.P. Bulgaria a trecut cu pași repezi la electrificarea țării. Astfel, în anul 1944 existau în Bulgaria centrale cu o putere totală instalată de 131 MW și o producție de 311 GWh; din acestea 47 MW, respectiv 153 GWh, erau de origină hidraulică și 84 MW, respectiv 158 GWh, erau de natură termică. Producția pe cap de locuitor atingea abia 45 kWh. În 1959 puterea totală instalată atinsese 859 MW, iar producția 3 840 GWh, din care 449 MW, respectiv 1 100 GWh, de origină hidraulică și 410 MW, respectiv 2 740 GWh, de origină termică. Producția pe cap de locuitor a crescut la 502 kWh.

În această perioadă puterea instalată a crescut cu 655%, producția de energie cu 1 240%, iar producția pe cap de locuitor cu 1 120%. Este interesant de menționat că 52% din puterea instalată în 1959 în R. P. Bulgaria este hidraulică. De asemenea, în perioada 1944—1959 puterea hidraulică a crescut cu 955%, pe cînd cea termică numai cu 490%.

Pe perioada 1960—1965 se prevede continuarea lucrărilor de electrificare. În 1965 producția de energie va trebui să atingă 11 510 GWh, creșterea anuală a producției fiind de 1 000—1 600 GWh față de creșterea de 800 GWh realizată în 1959.

Din această producție o mare parte va reveni centralelor hidroelectrice. Dintre cele mai importante lucrări hidroenergetice prevăzute sînt uzinele Ivailovgrad, Ardino-Kîtino, Filipov Most și Tesel, ale căror scurte descrieri vor fi prezentate în cele de mai jos.

* * *

Uzina hidroelectrică Ivailovgrad este amplasată pe rîul Arda, cu 6 km amonte de frontiera dintre R.P. Bulgaria și Grecia.

Barajul de tip de greutate în arc va avea o înălțime de 72,50 m și o lungime la coronament de 296 m; cu un volum de beton de 215 000 m³ se realizează o acumulare cu un volum util de 120 hm³. Centrala amplasată la piciorul barajului va avea un debit instalat de 300 m³/s și o cădere de 36,50—48,25 m; puterea de 100 MW va fi instalată în trei grupuri Francis de 33 300 kW, 150 rot/min. Producția centralei va atinge 220 GWh/an.

Principalii indici ai hidrocentralei sînt:

— coeficient de instalare: $i = \frac{Q_i}{Q_m} = \frac{300}{62 \cdot 5} = 4{,}8$

— coeficient de acumulare: $a = \frac{V_u}{\int_0^t Q\,dt} = \frac{120 \cdot 10^6}{1\,983 \cdot 10^6} = 0{,}06$

— coeficient de calitate al acumulării:

$$\alpha = \frac{V_u}{W} = \frac{120 \cdot 10^6}{215 \cdot 10^3} = 560 \text{ m}^3 \text{ apă/m}^3 \text{ beton}$$

— număr de ore de utilizare:

$$u = \frac{E}{P_i} = \frac{220\ 10^6}{100 \cdot 10^3} = 2\,200 \text{ ore/an.}$$

Costul energiei produse este de 4,46 stot/kWh, iar investiția specifică este de 2 812 leva/kW și 1,29 leva/kWh.

* * *

Uzina hidroelectrică Ardino-Kîtino este amplasată tot pe rîul Arda.

Barajul principal Ardino de greutate în arc pe rîul Arda va avea o înălțime de 107 m,

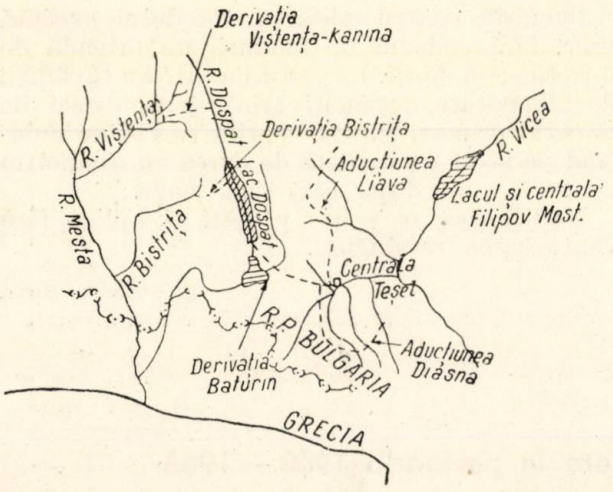


Fig. 1.

lacul de acumulare creat avînd un volum util de 105 hm³. Pe afluentul Davidovska—Arda va fi realizată, tot printr-un baraj de greutate în arc, o acumulare de 70 hm³. Din acest lac 7 m³/s vor fi aduși în lacul principal prin intermediul unei galerii cu nivel liber de 2,10 × × 2,10 m²/secțiune.

Aducțiunea principală, sub presiune, va avea un diametru de 4,40 m și o lungime de 9 640 m, debitul instalat fiind de 57 m³/s. Printr-o priză secundară se captează un debit suplimentar de 2,66 m³/s, care se introduce în amenajarea principală.

Centrala Kîtino va fi echipată cu trei grupuri Francis vertical, puterea totală instalată fiind 90 MW, iar producția de energie 276 GWh/an.

Principalii indici ai hidrocentralei sînt:

— coeficient de instalare:

$$i = \frac{Q_i}{Q_m} = \frac{59{,}66}{20} = 3{,}0$$

— coeficient de acumulare:

$$a = \frac{V_u}{\int_0^t Q\,dt} = \frac{175 \cdot 10^6}{636 \cdot 10^6} = 0{,}275$$

— număr de ore de utilizare:

$$u = \frac{E}{P_i} = \frac{276 \cdot 10^6}{90 \cdot 10^3} = 3\,040 \text{ ore/an.}$$

Costul energiei produse este de 4,29 stot/kWh, iar investiția specifică este de 5 920 leva/kW și 1,57 leva/kWh.

* * *

Uzina „Filipov Most", de tip uzină-baraj, este amplsată pe rîul Vîcea. Barajul în arc cu dublă curbură și rost perimetral va avea 144 m înălțime și 400 m lungime de coronament. Cu un volum de 379 000 m³ el realizează o acumulare cu un volum util de 130 hm³. Barajul inundă 490 ha și 14 km șosea.

Centrala de la piciorul barajului va utiliza un debit de 126 m³/s, sub o cădere de 90—110 m. Puterea instalată de 120 MW va fi distribuită în patru grupuri Francis de 30 MW, 375 rot/min.

În afară de producția a 105 GWh, cei 370 hm³, aport anual al rîului, vor mai fi utilizați pentru irigarea a 40 000 ha și pentru alimentarea cu apă a orașului Plovdiv și a satelor învecinate (2 m³/s). După terminarea derivației din rîul Mesta, disponibilul va crește cu 255 hm³/an, ceea ce va duce la un spor al producției de energie de 166 GWh/an, al terenurilor irigate de 112 000 ha și al alimentării cu apă de 5 m³/s.

Principalii indicii ai hidrocentralei sînt:

Coeficient de instalare:

$$i = \frac{Q_i}{Q_m} = \frac{126}{11{,}7} = 10{,}8 \text{ exclusiv derivația;}$$

$$= \frac{126}{19{,}8} = 6{,}35 \text{ inclusiv derivația}$$

Coeficient de acumulare:

$$a = \frac{V_u}{\int_0^t Q\,dt} = \frac{130 \cdot 10^6}{370 \cdot 10^6} = 0{,}35 \text{ exclusiv derivația;}$$

$$= \frac{130 \cdot 10^6}{625 \cdot 10^6} = 0{,}21 \text{ inclusiv derivația}$$

Coeficient de calitate a acumulării:

$$\alpha = \frac{V_u}{W} = \frac{130 \cdot 10^6}{379 \cdot 10^3} = 345 \text{ m}^3 \text{ apă/m}^3 \text{ beton.}$$

Număr de ore de utilizare:

$$u = \frac{E}{P_i} = \frac{105 \cdot 10^6}{120 \cdot 10^3} = 960 \text{ ore/an exclusiv derivația;} \quad = \frac{166 \cdot 10^6}{120 \cdot 10^3} = 1\,380 \text{ ore/an inclusiv derivația.}$$

Costul energiei este de 5,61 stot/kWh, iar costul anual al hectarului irigat 1 750 leva. Investiția specifică este de 2 600 leva/kW și 1,80 leva/kWh.

* * *

Uzina hidroelectrică Teșel derivează apele din bazinul rîului Mesta în cel al rîului Vîcea. Lucrările de deviere constau în următoarele aducțiuni:

— derivația Vîșterița-Kanina, care captează 73 hm³ din afluenții de stînga ai rîului Mesta derivîndu-i în lacul Dospat; lucrarea cuprinde 6 prize, 6 125 m canale și 10 725 m galerii,

debitul instalat fiind 11,92 m³/s (coeficient de instalare 5,2);

– derivația Bistrița, care captează 20,4 hm³ din afluenții de stînga ai rîului Mesta, derivîndu-i în lacul Dospat; lucrarea cuprinde patru prize, 3 860 m canale și 4 625 m galerii cu diametrul de 2,20 m;

– derivația Baturin, care captează 28,5 hm³ din rîurile Kisali și Tikalka și afluenți ai rîului Dospat aval de lacul cu același nume, introducînd debitul captat prin pompare în aducțiunea principală a uzinei; lucrările constau din trei prize, 8 100 m canale, un baraj de 34 m creînd o acumulare de 37 hm³ și o stație de pompare de 2 600 kW, 1,80 m³/s.

Lucrarea cea mai importantă a uzinei este lacul Dospat, amplasat pe rîul cu același nume, afluent al rîului Mesta; acumularea de 444 hm³ este realizată printr-un baraj de 61 m înălțime.

Aducțiunea principală sub presiune trece apele din lacul Dospat în bazinul rîului Vîcea; debitul instalat atinge 24 m³/s, lungimea fiind 16 220 m, iar diametrul 3,10 m. Urmează castelul de tip diferențial (puțul avînd 5 m diametru), galeria forțată de 560 m lungime și 2,60 m diametru, centrala subterană de 54 × × 20 × 20 m³ și galeria de fugă de 850 m lungime, 2,60 m diametru, dimensionată pentru 30 m³/s.

În afară de aducțiunea principală mai există două aducțiuni secundare, care strîng apele de pe versantul rîului Vîcea:

– aducțiunea Diasna, captînd 92,2 hm³ din diferiți afluenți de pe malul drept: Buinovoka, Trigradska, Muglenska ș.a.; lucrările constau din 16 prize, 12 820 m canale, 710 m sifoane și 19 310 m galerii, debitul instalat fiind 9,38 m³/s (coeficient de instalare 3,15);

– aducțiunea Liava, captînd 40 hm³ de pe versantul stîng al rîului Vîcea; ea constă din 14 prize, 14 240 m canale și 15 690 m galerii. Debitul instalat este 5,44 m³/s (coeficient de instalare 4,30).

Centrala Teșel are un debit instalat de 24 m³/s, o cădere de 335 m, o putere instalată de 60 MW și o producție de 277 GWh/an. Avînd în vedere numărul mare de aducțiuni, majoritatea indicatorilor calculați mai sus sînt greu de determinat; numărul de ore de utilizare atinge 4 600 ore/an.

Costul energiei atinge 5,70 stot/kWh, iar investiția specifică 9 800 leva/kW și 2,43 leva/kWh; afectînd o parte din investiția celorlalte utilizări ale apei, acești indici scad la 4,30 stot/kWh, respectiv 6 900 leva/kW și 1,69 leva/kWh.

* * *

În urma unei analize a proiectelor hidrocentralelor bulgare se pot trage cîteva concluzii interesante asupra liniilor adoptate în republica prietenă în ceea ce privește hidroenergetica.

1. Uzinele hidroelectrice vor continua și în perioada 1960–1965 să reprezinte o sursă foarte importantă de energie.

2. Tendința remarcată în trecut de a trece la execuția anumitor hidrocentre este continuată; astfel, după ce s-au terminat amenajările „Studen Kladenet" și „Kirdjali" pe rîul Arda, în perioada analizată se continuă cu executarea amenajărilor „Ivailovgrad" și „Ardino-Kîtino". De asemenea se trece la amenajarea simultană a mai multor trepte din hidrocentrul Vîcea. Acest sistem are drept consecință o reducere considerabilă a cheltuielilor de organizare, reducîndu-se la minimum deplasările de utilaj și permițîndu-se reutilizarea baracamentelor. De exemplu: pentru centrala Kîtino se vor utiliza locuințele construite pentru executarea barajului Kirdjali din aval.

3. Se remarcă tendința de a utiliza centralele hidroelectrice ca centrale de vîrf. De aceea, se utilizează coeficienți de instalare foarte mari (3...6,35), numărul de ore de utilizare fiind redus (1 300...4 600 ore). De asemenea, executarea unui lac de acumulare pe un rîu nu este urmată de un lanț de centrale derivație ci de alte acumulări.

4. Timpul de execuție al centralelor este extrem de redus (3–4 ani), deși volumul lor de lucrări este mare, implicînd baraje înalte (pînă la 140 m) și aducțiuni lungi.

5. Soluțiile adoptate sînt foarte moderne; majoritatea barajelor proiectate sînt de tipul în arc sau greutate în arc. De asemenea se utilizează aducțiuni lungi pentru captarea tuturor rîurilor amenajabile; un exemplu poate fi uzina Teșel, care cuprinde 45 145 m canale, 67 980 m galerii și 44 prize.

6. Prețul de cost al energiei hidroelectrice cît și investițiile specifice sînt reduse, cu atît mai mult cu cît centralele analizate sînt centrale de vîrf. Astfel, costul energiei variază între 4,26...5,61 stot/kWh față de 5,80 stot/kWh la centrala termoelectrică Mariția-Iztok, iar prețul kilowatului instalat 2 600...5 900 leva/kW față de 2 600 leva/kW la aceeași centrală care funcționează ca centrală de bază cu 7 000 ore utilizare pe an.

Bibliografie

[1] Popov K.: *Izminatiiat pît ot naşata elektrifikaţiia.* Elektroenerghiia *10* (1959), 8–9, 1–2.

[2] Iordanov N.: *Novi vodnoenerghiini obekti.* Elektroenerghiia *10* (1959), 8–9, 10–14.

[3] ***: *Anuarul statistic al R.P.R.* 1959.

[4] Pănoiu N.: *Energetica R. P. Bulgaria.* Energetica 7 (1959) 7, 304–309.

[5] Filotti A.: *Construcţii hidroenergetice în R. P. Bulgaria 6* (1958) 5, 229–235.

Compensatoare cu presetupă pentru conducte cu abur

Ing. *Gh. COLȚ*

În practica de proiectare și construcție de la noi din țară se evită de obicei folosirea compensatoarelor cu presetupă pentru preluarea dilatațiilor termice ale rețelelor cu abur de joasă și medie presiune. Singurele compensatoare practicate în mod curent la rețelele termice cu abur sînt cele în formă de U sau liră și rareori se întîlnesc compensatoare „lentilă", „ondulate" sau „cu burduf". Evitarea folosirii compensatoarelor cu presetupă se datorește faptului că acestea necesită exploatare curentă, iar executarea și montarea lor neîngrijită conduce la pierderi considerabile de agent termic.

Deseori se recurge la soluții constructive greoaie și foarte costisitoare, pentru a se asigura funcționarea normală a rețelelor termice cu abur. Deși lirele de dilatare sau compensatoarele U propriu-zise nu sînt elemente costisitoare, spațiul necesitat de acestea conduce de multe ori la cheltuieli foarte mari de investiție. De exemplu, în cazul rețelelor termice cu abur subterane (sub străzile orașelor sau în tunelele centralelor electrice), sînt necesare nișe de dimensiuni mari. În afară de costul mare al nișelor, pentru compensatoarele liră sau U este de multe ori imposibil de găsit spațiul necesar, dacă solul este ocupat cu alte comunicații subterane, lucru frecvent în orașe și în marele centre industriale. Dificultățile de spațiu se întîlnesc nu numai la rețelele termice exterioare, ci chiar în incinta centralelor electrice, unde deobicei spațiul este împărțit cu multă chibzuință.

De asemenea, în atelierele termoficate ale întreprinderilor industriale, mai cu seamă atunci cînd transformarea a intervenit după ce construcția a fost terminată este greu de găsit loc pentru compensatoare în formă de U sau liră.

Din punct de vedere al spațiului necesar instalațiilor pentru preluarea dilatațiilor termice ale conductelor cu abur, compensatoarele cu presetupă au un mare avantaj, întrucît evită construirea de nișe speciale de gabarite mari.

În afară de dificultățile de spațiu, compensatoarele în formă de U sau liră dau naștere la pierderi mari de presiune pe traseu [1]. Coeficientul de rezistență locală al unui compensator cu presetupă este de 0,2, iar al unui compensator în formă de U sau liră este de 1—2. Rezultă că în cazul compensatoarelor cu presetupă căderea de presiune este de 5—10 ori mai mică decît la alte compensatoare, lucru deosebit de important la transportul aburului la mare distanță.

În practica energetică *) s-a constatat că evitarea folosirii compensatoarelor cu presetupă pentru conductele cu abur nu este justificată, atît pentru cele două considerente de mai sus (spațiul și căderi mari de presiune), precum și datorită rezultatelor bune de exploatare a unor instalații în funcțiune de zeci de ani.

Într-adevăr, acolo unde spațiul necesar construcțiilor mecanice pentru preluarea dilatațiilor termice este creat și nu necesită investiții suplimentare mari, se recomandă să se construiască compensatoare în formă de U sau liră, însă numai după ce s-au folosit la maximum posibilitățile de compensare naturală. Acolo unde nu se dispune de suficient spațiu pentru compensatoare U sau liră trebuie să se construiască compensatoare cu presetupă. Acestea, executate îngrijit și exploatate regulat, după un grafic inițial stabilit, asigură funcționarea conductelor de termoficare cu abur în bune condiții. Cheltuielile de exploatare mai mari ale compensatoarelor cu presetupă față de alte soluții sînt justificate în marea majoritate a cazurilor prin reducerea substanțială a cheltuielilor de investiție. Concluzia oportunității folosirii compensatoarelor cu presetupă la conductele cu abur de joasă și de medie presiune se trage în urma unor analize făcute de către autor [Teploelectroproiect (TEP) Moscova] asupra funcționării conductelor de abur în orașul Leningrad la diferiți parametri și a conductelor de la Uzinele „23 August" din Capitală.

La CET nr. 1 din sistemul energetic Lenenergo au fost instalate în anul 1929 compensatoare cu presetupă la colectoarele unor cazane de abur de 300 mm diametru. Colectorul funcționează la parametrii aburului de 15 ata și 340—380°C.

În anii 1935—1936, în același sistem energetic, s-au construit conducte cu abur de joasă presiune, cu compensatoare cu presetupă pentru termoficare industrială, și anume pentru o magistrală de 250 mm diametru și lungă de 850 m (650 m cu amplasare în canale vizitabile și 200 m cu amplasare fără canal), de la CET nr. 1 la un Combinat de produse lactate. Parametrii de funcționare a acestei conducte cu abur au fost: 1,2—3 ata și 140—160°C, iar debitul de iarnă de 8—11 t/h și cel de vară de 5—8 t/h. De la această conductă s-a făcut o ramificație tot cu compensatoare cu presetupă spre o altă întreprindere industrială. Diametrul conductei de ramificație a fost de 200 mm. Debitul de abur de iarnă a fost de 0,6—2t/h.

În anul 1930, în orașul Leningrad, de la una din CET s-a construit o conductă de termoficare cu abur spre spitalul Botkin, de 150 mm diametru, care funcționează la 6 ata și 220—250°C

* Din materialele studiate de Teploelectroproiect (TEP), precum și din datele de exploatare de la Uzinele „23 August"-București.

la un debit de iarnă de 3—5 t/h. Amplasarea acestei rețele s-a făcut în canale nevizitabile.

Compensatoare cu presetupă la conductele de transformare cu abur au mai fost construite la Combinatul nr. 16 din Moscova și la alte întreprinderi.

Toate compensatoarele cu presetupă amintite funcționează și astăzi, cu excepția celor executate în anii 1935—1936, care au fost înlocuite în anul 1950, cu ocazia reconstruirii rețelei, cu alte compensatoare cu presetupă de oțel.

În R.P.R. compensatoarele cu presetupă sînt folosite în general în energetica industrială pentru conductele de abur. Folosirea acestor compensatoare s-a impus în primul rînd din motivul de spațiu, însă experiența a arătat că și din punct de vedere al exploatării se poate recomanda acest mod de preluare a dilatațiilor termice cu mai multă siguranță ca pînă în prezent. Un exemplu concludent în această privință îl constituie conductele de transformare cu abur de la Uzinele „23 August" din București. La această întreprindere, pe lungime de sute de metri, dilatațiile termice ale unor conducte cu abur cu diametre de 150, 200 și 250 mm sînt preluate cu compensatoare cu presetupă din oțel.

Primele compensatoare cu presetupă pentru conductele de abur la Uzinele „23 August" din București au fost construite în anul 1940. După această dată, s-a trecut, prin reconstrucția rețelelor termice existente, la înlocuirea compensatoarelor U cu compensatoare cu presetupă, deși spațiul necesar buclelor era disponibil. Numai în anul 1952—1953 s-au construit cîteva zeci de asemenea compensatoare. Ca o dovadă a funcționării satisfăcătoare a acestora este faptul că în secția de forje, de exemplu, compensatoarele cu presetupă fiind amplasate la o înălțime de circa 7—8 m de jur împrejurul sălii atelierului nu au scări sau pasarele permanente de exploatare curentă. Eventualele schimbări de garnitură sau strîngerea acestora se face destul de rar, cu scări mobile.

Conductele amintite funcționează la parametrii aburului de pînă la 10—12 ata, compensatoarele fiind instalate la distanțe de circa 50 m.

În centralele electrice, între diferite aparate energetice, ca boilere, colectoare, schimbătoare de căldură și altele, se întîlnesc cazuri în care, pe porțiuni de cîțiva metri, trebuie construite compensatoare de diferite forme, extrem de dificile ca proiectare și execuție și care, pe lîngă faptul că ocupă un spațiu mare, dau naștere la eforturi mari în suporții ficși.

La Uzinele „23 August" s-a rezolvat într-un mod ingenios o asemenea problemă. Pe conducta de legătură de 300 mm diametru și circa 4 m lungime dintre două colectoare de abur, unul de 20 ata și altul de 8 ata, s-a instalat, după reductorul de presiune, un scurt compensator cu presetupă (fig. 1). Dacă nu s-ar fi prevăzut posibilitatea de preluare a dilatației termice cu compensatorul cu presetupă amintit, forța care ar fi acționat asupra suporților ficși ai colectorului ar fi fost de cîteva sute de tone,

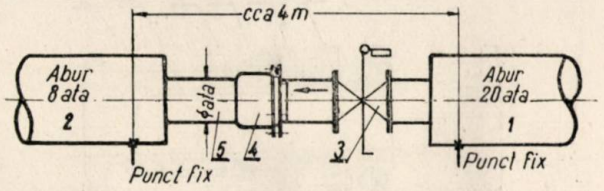


Fig. 1. Instalarea unui compensator cu presetupă scurtă între două colectoare:

1 — colector de abur de 20 ata; *2* — idem de opt ata; *3* — reductor de presiune 20/8 ata; *4* — compensator cu presetupă simplu-scurt; *5* — conductă de legătură de 300 mm diametru.

iar construirea unui compensator U sau liră ar fi fost costisitoare și ar fi necesitat un spațiu mare pentru buclă.

În fig. 2 se dă un detaliu al părții de etanșare a unui compensator cu presetupă scurt pentru o conductă cu abur.

Folosind pe scară mai largă această soluție în energetica industrială și în energetică în general s-ar rezolva mult mai simplu și economic o serie de „noduri" dificile ca proiectare și execuție.

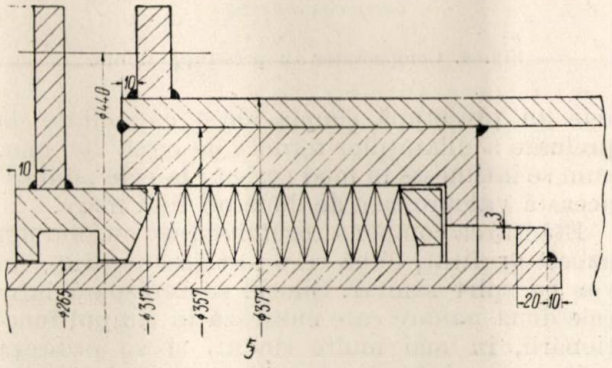


Fig. 2. Detaliu pentru partea de etanșare a unui compensator cu presetupă simplu-scurt pentru conducte de abur.

Aspecte constructive

La **început** s-au folosit compensatoare cu presetupă din fontă [2] (fig. 3).

Asamblarea lor pe conductele cu abur se făcea cu flanșe. Ulterior, în scopul îmbunătățirii calității de montare și exploatare, s-au construit compensatoare cu presetupă montate indirect pe conductă prin sudură. Astăzi sînt foarte rare cazurile cînd se mai întîlnesc compensatoare cu presetupă de fontă și chiar din oțel cu îmbinări cu flanșe.

În cazul conductelor cu abur compensatoarele cu presetupă sînt concepute pentru preluarea unilaterală a dilatațiilor termice (fig. 3, 5 și 6)

Pentru reducerea numărului de puncte de deservire în exploatare, precum și a numărului căminelor de vizitare, se folosesc compensatoare cu presetupă „dublă" (fig. 4). Dacă compensatoa-

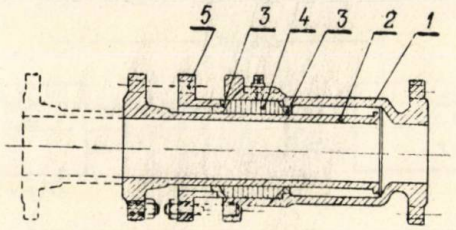


Fig. 3. Compensator cu presetupă din fontă cu acționare unilaterală:
1 – paharul exterior; *2* – paharul interior; *3* – inele de etanșare; *4* – garnituri; *5* – presgarnitura cu flanșa.

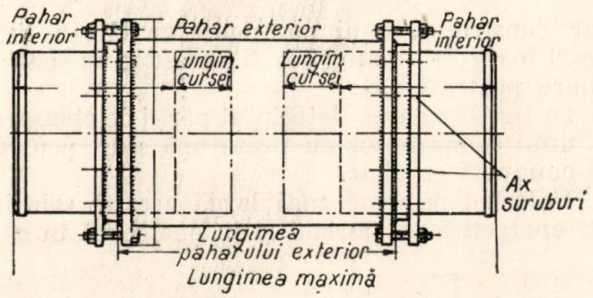


Fig. 4. Compensator cu presetupă dublă.

rele au presetupă simplă au o capacitate de preluare a dilatațiilor termice de circa 200 mm, cum se întîlnește în mod curent; la cele „duble" această valoare este de două ori mai mare.

Etanșarea compensatorului se face cu șnur din azbest grafitat, după ce a fost trecut printr-un vas cu spirt sanitar. Șnurul se înfășoară între cele două pahare care culisează în timpul funcționării, în mai multe rînduri și se presează uniform pe întreaga lungime a cercului. Apoi se strînge cu presgarnitura și se lasă 12–16 ore, după care se strînge din nou. Spațiul rămas liber se completează cu alte inele. Acest proces se face de 2–3 ori.

Șnurul de azbest obișnuit se recomandă să se folosească la conducte cu temperatura aburului pînă la 250°C; la temperaturi mai mari sînt necesare șnururi speciale [1].

Strîngerea garniturii se face cu ajutorul presgarniturii, care are o flanșă cu șuruburi ce se îmbină cu o altă flanșă sudată pe paharul exterior al compensatorului. Acesta a fost procedeul clasic folosit pînă în prezent. Flanșa sudată pe paharul exterior necesită pentru confecționarea ei mult metal și mărește în același timp greutatea compensatorului. Inginerii M. G. Speer și S. P. Moskaev au propus înlocuirea flanșei prin sudarea unor țevi pe paharul exterior [3]. Acest lucru a permis reducerea greutății compensatorului; de exemplu pentru un compensator de $Dn = 300$ mm, greutatea s-a redus de la 146 la 126 kg, adică cu circa 14%.

O altă metodă care, pe lîngă avantajul reducerii greutății compensatorului, permite completarea spațiului de garnitură cu alte inele de etanșare, fără să se desfacă complet șuruburile, este cea din fig. 6. Este suficient să se desfacă piulițele *1* doar cu 4–5 rotații ca să scape capătul șurubului *2* din cele două urechi de ancorare *3*, sudate pe paharul exterior *4* și să permită scoaterea presgarniturii *5*.

Amplasarea compensatoarelor cu presetupă se face de obicei în căminul de vizitare sau în locuri accesibile personalului de exploatare. Înălțimea minimă a căminului de vizitare trebuie să fie de 1,8 m. Gurile de etanșare a căminelor se fac cu capace duble, avînd posibilitatea de aerisire.

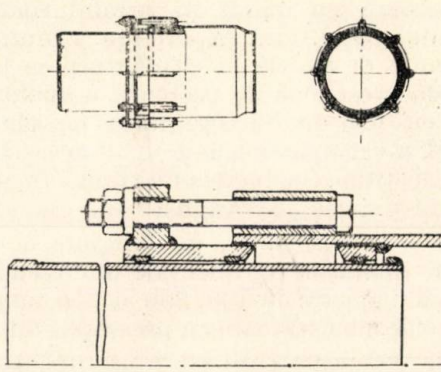


Fig. 5. Compensator cu presetupă cu o flanșă înlocuită cu țevi sudate pe paharul exterior.

Compensatoarele cu presetupă funcționează bine atîta timp cît se păstrează coaxialitatea

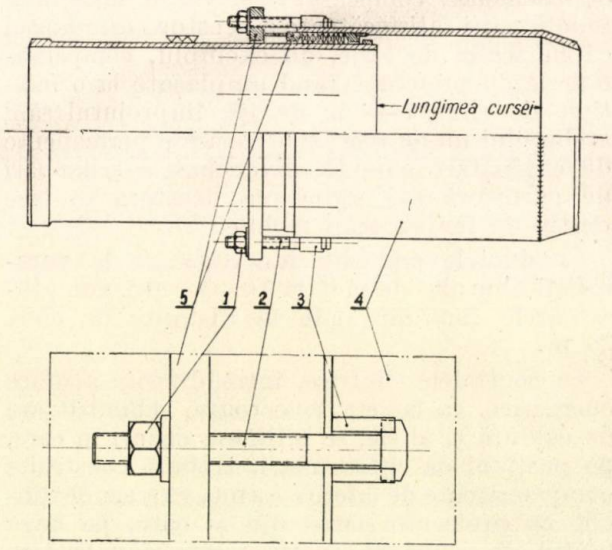


Fig. 6. Compensator cu presetupă cu o flanșă înlocuită cu șuruburi cu capete dreptunghiulare ancorate.
1 – piuliță; *2* – șurub cu cap dreptunghiular; *3* – urechi de ancorare; *4* – pahar exterior; *5* – presgarnitură.

celor două pahare. Nerespectarea acestei condiții la montaj are ca rezultat înțepenirea paharelor și scoaterea lor din funcțiune prin distrugerea

suporților fiși. Pentru întîmpinarea acestui gen de avarie, suporții mobili din imediata apropiere a compensatorului cu presetupă se construiesc cu ghidaje care împiedică deplasarea conductei în plan orizontal.

Deplasarea în plan vertical este mai puțin frecventă și provine, de obicei, din cauza tasărilor conductelor sau a căminelor. Acest lucru se observă după un timp de exploatare și se înlătură prin corectarea coaxialității conductelor și în timpul reparațiilor capitale.

Deosebit de important este ca la montarea compensatoarelor cu presetupă să se țină seamă de temperatura exterioară, de fixarea poziției planului interior.

Explorarea compensatoarelor cu presetupă

Locurile în care sînt instalate compensatoare cu presetupă sînt puncte obligatorii de control pentru personalul de exploatare a rețelelor termice exterioare sau din incinta întreprinderilor. Exploatarea compensatoarelor cu presetupă se organizează în așa fel încît personalul de tură să treacă pe la fiecare punct de deservire cel puțin de 2—3 ori pe săptămînă și după fiecare oprire-pornire și să verifice, în primul rînd, etanșeitatea instalației.

După prima intrare în funcțiune a compensatorului cu presetupă cu garnitură nouă, se mai adaugă la 2—3 zile 1—2 inele de azbest și se strîng cu presgarnitura.

După o oprire de scurtă durată a conductelor garnitura trebuie strînsă, întrucît în aceste cazuri etanșeitatea scade mai mult decît la funcționarea continuă.

După 5—6 luni de funcționare, în timpul opririi conductei pentru revizie, se mai adaugă 1—2 inele din șnur de azbest, iar la doi ani, în timpul reparațiilor capitale, se schimbă complet garnitura. Compensatoarele cu presetupă nu se ung pentru micșorarea frecării dintre garnitură și paharul interior, întrucît uleiul ar pătrunde în abur.

În timpul reparațiilor capitale se controlează starea de rugozitate a paharelor, se schimbă șuruburile și piulițele, paharul interior se șlefuiește la strung și se confecționează noi inele de etanșare. Coaxialitatea paharelor se controlează în fiecare lună, iar rezultatele observate se trec într-un registru special.

Pătrunderea personalului de exploatare în căminele de vizitare se face numai după ce s-a ventilat căminul prin deschiderea gurilor de vizitare, care trebuie să fie în număr de minimum două și maximum patru, în funcție de gabaritele căminului.

Concluzii

Acolo unde nu se dispune de spațiu pentru construirea compensatoarelor în formă de U sau liră la conductele de termoficare cu abur de joasă și medie presiune și unde se urmărește economisirea căderii de presiune a aburului în conducte, se recomandă să se folosească compensatoare cu presetupă.

Datele din literatură și exploatare permit să se tragă concluzia că folosirea compensatoarelor cu presetupă pentru preluarea dilatațiilor termice ale conductelor de termoficare cu abur la parametrii de pînă la 15 ata și 350°C este o soluție sigură și economică.

Compensatoarele cu presetupă se construiesc din oțel fără flanșă de îmbinare pe conducte. Montarea lor trebuie să se facă cu grijă pentru a se păstra coaxialitatea paharelor culisante, în scopul evitării distrugerii punctelor fixe.

Folosirea compensatoarelor cu presetupă se recomandă să se facă în combinație cu compensatoare liră sau în formă de U, după ce s-au folosit toate posibilitățile de compensare naturală. În acest caz se pot obține importante economii de investiții.

Bibliografie

[1] Kopiev S. F.: *Alimentarea cu căldură*, Ed. Tehnică, Buc. 1957

[2] Kissin M. I.: *Otoplenie i ventilația*, Moscova 1955.

[3] Moskaev S. P. și Speer M. G.: *Compensator cu presetupă cu o singură flanșă*, Filiala BUHTU Moscova 1957.

DISCUȚII

Notă cu privire la problema dimensionării aproximative (prealabile) a turnurilor de răcire

Dimensionarea corectă a turnurilor de răcire industriale în general și a celor care deservesc termocentralele în special este o problemă importantă, căreia însă nu i s-a acordat în literatura noastră de specialitate întreaga atenție. Construirea a numeroase și importante termocentrale și a altor obiective industriale care utilizează apă de răcire în circuit închis sau mixt a condus la realizarea a numeroase turnuri de răcire, de dimensiuni mari și foarte mari. Cu toate acestea, în literatură au lipsit pînă de curînd lucrări de sinteză asupra problemelor de dimensionare termică și statică a acestor instalații.

Trebuie semnalate ca avînd o contribuție valoroasă la umplerea acestei lacune două publicații apărute recent, și anume.

a) „Centrale termoelectrice — Probleme de proiectare, construcție și exploatare". Cap. IV „Alimentarea cu apă de răcire" (Ed. Tehnică 1959), autori prof. ing. C. Dinculescu, membru coresp. al Acad. R.P.R., ing. C. Moțoiu, ing. A. Mișu și ing. V. Stoica.

b) „Betonul armat — Construcții industriale" — Cap. X „Turnuri de răcire" (Ed. Tehnică 1958), autor M. D. Hangan.

Cartea profesorului C. Dinculescu și colaboratorilor săi reprezintă un ghid prețios pentru proiectanți și studenți.

Expusă integral sub formă de probleme, lucrarea pune la dispoziția celor ce se ocupă de problema dimensionării turnurilor de răcire metodele, formulele și diagramele de calcul începînd de la calculul cantității de apă necesare și pînă la procedeul de trasare a diagramei caracteristice a unui turn dat. Autorii expun metode exacte și metode simplificate pentru calculul termic al tuturor tipurilor de răcitori (iazuri de răcire, bazine de stropire, turnuri cu tiraj natural și forțat pentru diverse sisteme de circulație a apei). Rezolvarea problemelor este tratată cu deosebită claritate și, deși expunerea este concisă, ea permite înțelegerea fenomenelor termodinamice tratate. Dat fiind că lucrarea se adresează inginerilor și studenților tehnicieni, ea nu cuprinde — cum este și firesc — probleme îmbrățișînd aspectele construcției instalațiilor de răcire (problemele de calcul static și de execuție). Aceste probleme sînt însă tratate de cea de-a doua lucrare, întocmită de prof. M. D. Hangan.

În cadrul unei lucrări foarte vaste, cuprinzînd variate aspecte ale construcțiilor industriale, un capitol (cap. X) este dedicat turnurilor de răcire.

În acest capitol problemele de calcul static ale turnurilor de răcire sînt tratate în paragrafele 6 și 7. Prof. M. D. Hangan face o expunere clară în cadrul acestor paragrafe a principiilor de calcul pentru turnurile hiperbolice și cilindrice. Autorul prezintă atît metode de calcul prin diferențe finite (metodă mai comodă dar necesitînd o cantitate mai mare de calcule), cît și soluțiile integrării ecuațiilor diferențiale care permit calculul eforturilor în pereții turnurilor. Ilustrarea prin exemple de calcul a unora dintre soluții sporește utilitatea lucrării pentru proiectanți. Capitolul cuprinde și indicații asupra execuției turnurilor de răcire axate în deosebi în jurul problemei cofrajelor. Considerăm că ar fi fost indicat să se dea aici și unele indicații asupra problemelor legate de rețeta betoanelor utilizate, ținînd seama de condițiile speciale în care funcționează aceste instalații. Recomandările asupra întreținerii și exploatării turnurilor, deși prezentate într-o formă rezumativă (fapt justificat de caracterul lucrării — care este în primul rînd un îndrumător în problemele de beton armat), pot fi de asemenea utile inginerilor și tehnicienilor de exploatare.

Paragrafele privind calculul static, execuție și exploatare sînt precedate de o expunere a principiilor de funcționare, clasificări și elemente de calcul termic. În aceste capitole foarte necesare pentru alegerea tipului de răcitor și dimensiunilor sale generale, s-au strecurat însă unele erori (posibile de altfel avîndu-se în vedere că acestea au apărut în paragrafe tratînd probleme de altă specialitate decît cea care stă la baza lucrării), pe care ne permitem a le semnala în parte, în scopul introducerii corecturilor necesare într-o eventuală nouă ediție.

În privința calculului termic (în paragraful „Elemente pentru calculul termic al turnurilor de răcire"), autorul indică o metodă aproximativă de calcul al suprafeței de stropire și o tabelă cu dimensiuni generale uzuale ale turnurilor. În legătură cu tabela și graficul respectiv sînt de semnalat următoarele :

În text (p. 540) se spune : „În tabela X 2 sînt arătate principalele dimensiuni ale turnurilor de răcire cu picurare, acestea fiind cele mai frecvente la noi". În tabela X 2 cititorul nu găsește însă decît dimensiunile pentru turnurile cu pînză și mixte (pînză și picurare). Mai departe, în text se spune : „În fig. X 28 sînt date după Berman grafice pentru calculul aproximativ al turnurilor de răcire cu instalație interioară cu pînză de apă sau mixtă".

În realitate în fig. X 28 este dat graficul pentru dimensionarea turnurilor de răcire cu picurare*, fapt care nu este menționat nici în explicația figurii și poate duce la supradimensionare (dacă proiectantul nu este suficient de atent pentru a observa contradicția între tabela X 2 și fig. X 28 în ceea ce privește densitatea ploii).

De fapt, după indicațiile lui L.D. Berman (vezi lucrarea citată sub asteric), graficul din fig. X 28 corespunde unor turnuri de răcire cu picurare cu coș de tiraj din lemn, avînd dimensiunile principale și forma indicată în tabela 1.

În ceea ce privește dimensionarea aproximativă a turnurilor hiperbolice de beton armat cu picurare, pentru aceasta se poate folosi (cu rezerva existenței unei instalații de stropire conform schemei date de L.D. Berman -op. cit. fig. 4—55 și 4—56) graficul din fig. 1, *a*.

Pentru dimensionarea turnurilor de răcire cu pînză se poate folosi graficul din fig. 1, *b*, cu condiția ca dimensiunile principale ale turnului să se încadreze în indicațiile din tabela 2.

Aceste grafice, întocmite de E. M. Burmeister în cadrul Institutului „Teploelectroproiect" — Moscova (și a căror reproducere o considerăm utilă deoarece ele nu se găsesc decît parțial în lucrările de specialitate apărute în limba română), au fost alcătuite ca relații între temperatura apei răcite, densitatea de stropire și zona de răcire, pentru o temperatură a aerului (la termometrul uscat) de 25°C și o umiditate relativă de 54%. Pentru alte valori ale temperaturii și umidității se aplică o corecție care se determină cu ajutorul fig. 1c. Modul de utilizare a graficelor este simplu și nu necesită explicații suplimentare.

În § 1—5 s-au mai strecurat cîteva erori. Semnalăm pe acelea care pot duce la confuzii :

— La pagina 514 (§ 1) se afirmă că „răcirea apei la aceste instalații (de răcire în circuit închis, *n*,*n*) este destul de mică, temperatura apei fierbinți putînd fi scăzută numai cu aproxi-

Dimensiunile principale ale turnurilor de răcire cu picurare și coș de tiraj din lemn *Tabela 1*

Suprafața de stropire, m²	10	20	50	100	200	500	1000	1500	2000	2400
Înălțimea totală a turnului (de la nivelul terenului), m	18	18	19	21	23	29	36	41	46	49
Forma stropitorului în plan	Pătrat			Poligon regulat sau dreptunghi cu latura mică de 7—12 m.			Poligon regulat			
Înălțimea de la care e stropită apa, m.				6—7			7—8			
Raportul între suprafața secțiunii de ieșire a coșului de tiraj și suprafața stropitorului				0,3 — 0,4			0,25 — 0,3			

* Vezi pentru aceasta fie „Răcirea prin evaporare a apei de circulație" (în limba rusă) de L.D. Berman — Gosenergoizdat Moscova, 1957, fie „Alimentarea cu apă a centralelor termoelectrice" de V. N. Pocrovski, Ed. Energetică de Stat 1952, fie articolul „Asupra determinării parametrilor meteorologici de calcul pentru dimensionarea turnurilor de răcire" (Meteorologia, hidrologia și gospodărirea apelor — 2/1959 — București).

Tabela 2

Dimensiunile principale ale turnurilor de răcire cu pînză

Suprafaţa stropitorului, m²	120	300	400	500	500	650	700	800	1200	1600	2500
Înălţimea totală a turnului (de la nivelul terenului), m	30	35	39	40	40	40	42	45	45	50	70
Forma răcitorului în plan	pătrat				poligon regulat						
Înălţimea de la care e stropită apa, m	7,5		7,6		8,0 — 0,5						
Raportul între suprafaţa secţiunii de ieşire a coşului de tiraj şi suprafaţa stropitorului	0,35		0,5 — 0,6		0,4 — 0,5						

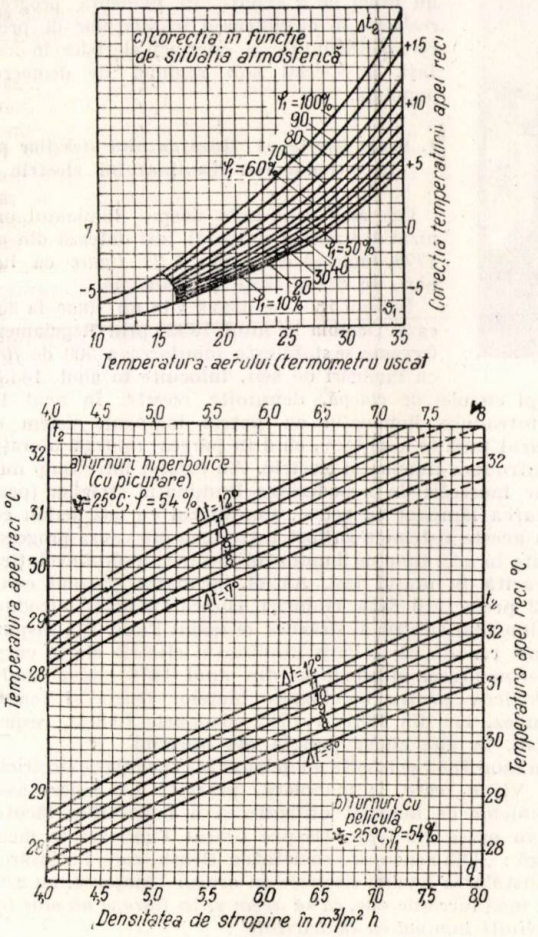


Fig. 1.

mativ 10°...". Or, este ştiut că de obicei intervalul de răcire este dictat de caracteristicile instalaţiei deservite, iar turnul de răcire respectiv se proiectează pentru a face faţă acestor caracteristici. De exemplu, la centralele termoelectrice cu aburi, intervalul de răcire este de 10°C. Pentru motoarele Diesel intervalul de răcire este frecvent 15° sau chiar mai mult. Turnurile de răcire preiau de regulă asemenea intervale de răcire, lucru care reiese de altfel chiar din figura X 28 unde pentru turnurile de răcire cu picurare se dau diagrame pînă la $\Delta t = 30°C$.

Să reluăm exemplul de calcul din fig. X 28 :

Turn de răcire cu picurare pt. 1000 m³/h, $t_1 = 45°$, $t_2 = 35°$ $\tau = 18°$; $\tau/\vartheta = 0{,}72$ rezultă densitatea de stropire $q = 5{,}0$ m³/m² h* şi suprafaţa necesară a turnului $S = 200$ m².

Presupunem acum că $t_1 = 55°$, $t_2 = 35°$. Vom avea $\Delta t = 20°C$, rezultă : densitatea de stropire $q = 3{,}25$ m³/m² h şi suprafaţa necesară a turnului $S = 310$ m².

Deci, în cazul că dorim să obţinem pentru o aceeaşi valoare a apei reci un interval de răcire mai mare, este necesară o suprafaţă de stropire mai mare.

Putem obţine şi cu aceeaşi suprafaţă de stropire un interval de răcire mărit, însă în acest caz avem valori mai ridicate ale apei reci.

În cazul nostru, pentru $S = 200$ m² şi $\Delta t = 20°$:

$$t_2 = 39{,}8°C \text{ şi } t_1 = 39{,}8 + 20 = 59{,}8°C.$$

În pofida erorilor semnalate mai sus şi a altora de mai mică importanţă pe care cap. X al lucrării „Betonul armat — Construcţii industriale" le conţine, faptul că problema turnurilor de răcire a fost tratată în lucrarea amintită constituie un lucru pozitiv şi ne exprimăm speranţa că într-o ediţie viitoare capitolul respectiv va fi lărgit şi îmbunătăţit, ţinîndu-se seama — în măsura în care autorul va considera necesar — şi de observaţiile cuprinse în prezenta notă.

* În fig. X 28 rezultatele obţinute în exemplul de calcul sînt eronate ($q = 3{,}2$ m³/m h, respectiv $S = 315$ m²) şi se datorează unei nomografieri greşite a datelor iniţiale.

Ing. **Al. Măruţă**

Cercetător principal

Institutul de Studii şi Cercetări Hidrotehnice

60 ani de la punerea în funcțiune a centralei electrice din Iași

*C. OSTAP și V. SAVIUC**

Pe linia consemnării unor date privind dezvoltarea instalațiilor energetice din țara noastră, articolul prezintă cîteva date referitoare la centrala electrică a orașului Iași, de la a cărei punere în funcțiune s-au împlinit 60 de ani.

Cu ocazia sesiunii tehnico-științifice organizate la Întreprinderile Comunale de Electricitate și Transporturi (I.C.E.T.) Iași, din 28—29 noiembrie 1959 a fost sărbătorită aniversarea a 60 de ani de la punerea în funcțiune a primei centrale de utilitate publică în orașul Iași. Acest eveniment are importanță luînd în considerare faptul că orașul Iași a fost al doilea oraș din Romînia din acea vreme (Ardealul aparținînd atunci de Imperiul Austro-Ungar) care, după Brăila, a introdus iluminatul electric public înaintea altor orașe mari, ca București, Cluj, Ploiești etc. (tabela 1).

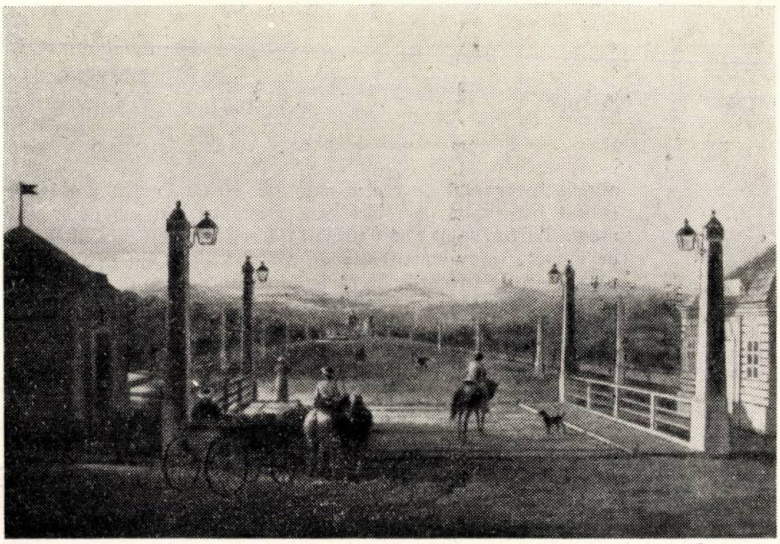


Fig. 1. Iluminatul cu petrol în orașul Iași 1890. Reproducere după un tablou de la Muzeul Regional de Artă.

Astăzi, cînd orașul Iași primește energie electrică din sistemul energetic și cînd urmează a se introduce iluminatul fluorescent, punerea în funcțiune acum 60 de ani a centralei cu aburi de 1200 C.P. și aprinderea unui număr de 171 de lămpi cu arc pe străzile orașului constituie un prilej de a scoate în evidență progresele realizate în dezvoltarea instalațiilor de producere și distribuție a energiei electrice în orașul Iași, în special sub regimul de democrație populară.

1. Scurt istoric al iluminatului străzilor pînă la introducerea iluminatnlui electric

Cele mai vechi acte despre iluminatul organizat al străzilor orașului Iași datează din anul 1776, indicînd existența a 21 *fînare* cu lumînări, pe cîteva uliți și mahalale.

În anul 1804 se așază cîte un *fînar* la 25 de case. De-abia în anul 1832, prin Regulamentul Organic, se stabilește montarea a 500 de *fînare* cu lumînări de seu, înlocuite în anul 1843 cu lămpi cu ulei de cînepă, denumite *reverbe*. În anul 1858 se introduce iluminatul cu petrol lampant, sistem care a durat pînă în anul 1899, cînd în partea centrală a orașului se introduce iluminatul electric. Au existat între timp numeroase încercări de a moderniza iluminatul străzilor (perfecționarea lămpilor cu petrol, iluminatul cu gaz aerian etc.), însă aceste sisteme n-au fost introduse din cauza progreselor făcute în acel timp de iluminatul electric, a cărui evoluție era urmărită în orașul Iași. Astfel, primăria orașului cere în 1882 prefecturii Senei lămuriri asupra stadiului introducerii luminatului electric al străzilor orașului Paris. Din răspunsul primit rezultă că la Paris iluminatul electric era în curs de experimentare, utilizîndu-se din anul 1878 cîteva lumînări Iablocicov pentru iluminarea piețelor Operei și Teatrului Francez, iar din 1881 și 1882 sistemele Lontin, respectiv Brush, în alte cîteva puncte ale orașului.

În anul 1883 se trimite un delegat la expoziția de electricitate din Viena, care, la înapoiere, prezintă un raport asupra sistemelor de iluminat utilizate și a încercărilor făcute în cîteva orașe din lume. Despre orașul Timișoara se menționează: „Din nenorocire societatea Brush, care s-a însărcinat cu instalarea luminii electrice în orașul Timișoara, nu a mîntuit încă lucrările sale, *ca să avem și în Europa un oraș întreg cel dintîi luminat cu electricitate*".

Ofertele primite de la firmele Siemens — Halske (Berlin) Brückner — Ross (Viena) și Ganz (Budapesta) pentru experimentarea iluminatului electric pe cîteva străzi ale orașului nefiind avantajoase, nu au fost acceptate.

În perioada 1884—1896 s-a primit o serie de oferte pentru concesionarea iluminatului electric al orașului, oferte care n-au fost acceptate, neprezentînd suficiente garanții. Abia în anul 1896, pe baza unui raport al serviciului tehnic al primăriei privind iluminatul urban modern, se hotărăște concesionarea iluminatului public al orașului. Licitația a avut loc în 1897, concomitent cu licitația pentru concesionarea tramvaielor electrice. Concesiunea a fost acordată în 1898 Societății Continentale Gesellschaft für electrische Unternehmungen din Nürnberg, pe o perioadă de 40 de ani

Tabela 1

Anul punerii în funcțiune a primelor centrale din Romînia

Nr. crt.	Localitatea	Anul	Nr. crt.	Localitatea	Anul
1	Timișoara	1884	22	Cluj	1906
2	Caransebeș	1889	23	Făgăraș	1906
3	Satu Mare	1896	24	Sebeș	1906
4	Sibiu	1896	25	Vatra Dornei	1906
5	Tg. Mureș	1898	26	Bîrlad	1906
6	Brăila	1898	27	Cîmpina	1906
7	Iași	1899	28	Tg. Jiu	1906
8	Arad	1899	29	Calafat	1907
9	Lugoj	1900	30	Cernavodă	1907
10	Orăștie	1900	31	Rîmnicu Vîlcii	1907
11	Ploiești	1900	32	Turnu Severin	1907
12	Sinaia	1900	33	Hațeg	1907
13	Sulina	1901	34	Abrud	1908
14	Iacobeni	1902	35	Odorhei	1908
15	Codlea	1903	36	Petroșani	1908
16	Giurgeu-Sînmiclăuș	1903	37	Singeorgiu	1908
17	Deva	1903	38	Suceava	1908
18	Sighișoara	1903	39	București (Grozăvești)	1908
19	Carerii Mari	1904	40	Constanța	1908
20	Oradea	1904	41	Piatra Neamț	1908
21	Reghin	1904	42	Roman	1908

* Ing. *C. Ostap* este șeful serviciului tehnic al I.C.E.T. Iași; Ing. *V. Saviuc* este cercetător principal la Academia R.P.R., Filiala Iași.

2. Prima centrală electrică

Lucrările pentru construcţia centralei au început în 1898 şi au fost terminate în august 1899. Intrarea parţială în funcţiune a centralei s-a făcut la 6 mai 1899. Construcţiile cuprindeau sala maşinilor, sala cazanelor, turnul de răcire, rezervoarele de combustibil, instalaţiile de alimentare cu apă din Bahlui şi corpul administrativ.

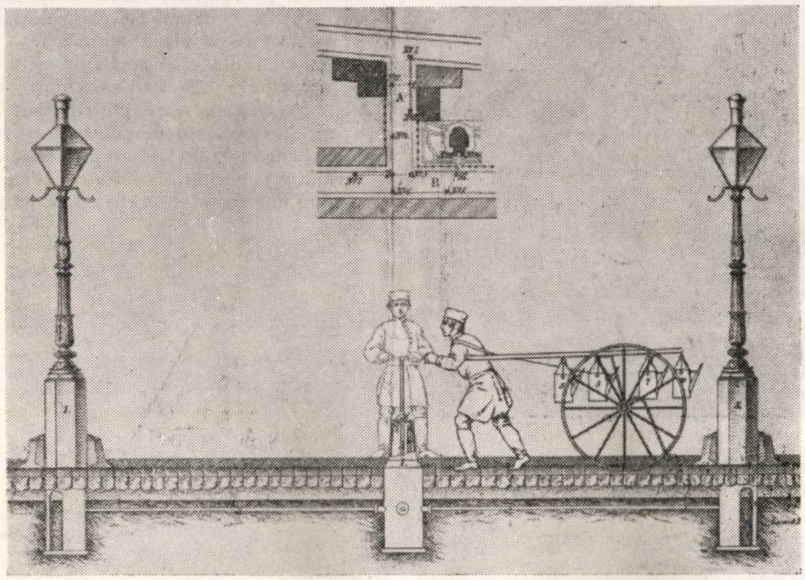


Fig. 2. Proiect din 1883 pentru modernizarea iluminatului cu petrol.

În sala maşinilor, construită pentru 4 grupuri electrogene, au fost instalate trei maşini cu aburi, Erste Brünner, de cca. 400 CP , 125 rot/min, de tip compound, cu două pistoane ; generatorul şi volantul erau dispuse între cei doi cilindri. Maşinile puteau lucra cu aburi saturaţi (190°C) sau supraîncălziţi (250°C), realizînd 350, respectiv 500 C.P.

Cele trei cazane erau de tip Babcock — Wilcox, cu o suprafaţă de încălzire de 200 m², lucrînd la o presiune de 12 atm ; ele erau încălzite cu păcură, putîndu-se utiliza şi încălzirea cu cărbuni sau lemne. Generatoarele utilizate erau de tip Schuckert, monofazate, cu poli aparenţi, de 285 kVA, 3000 V, 50 Hz. În fundul sălii maşinilor era tabloul de distribuţie, cuprinzînd aparatele de manevră şi protecţie. În spatele lui erau montate barele colectoare şi două

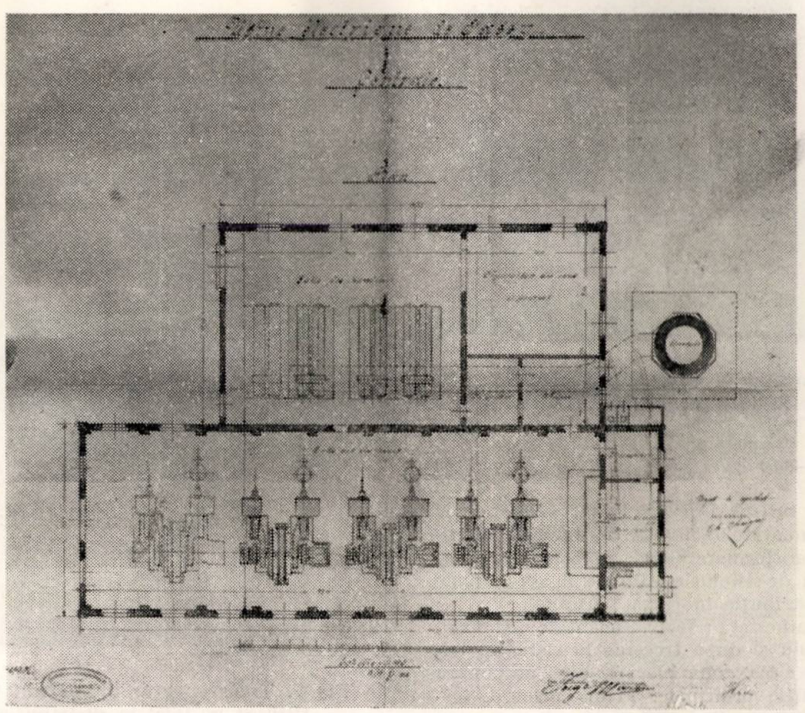


Fig. 3. Planul primei centrale electrice din Iaşi, 1899.

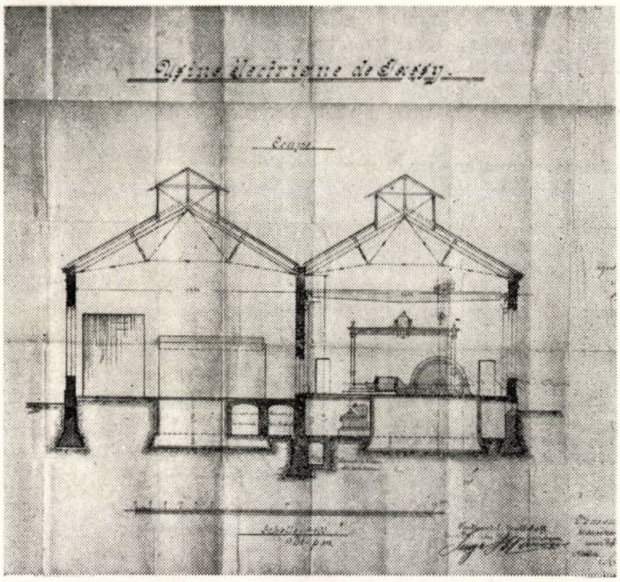


Fig. 4. Secţiune transversală a sălii de maşini şi de cazane a primei ceutrale electrice din Iaşi, 1899.

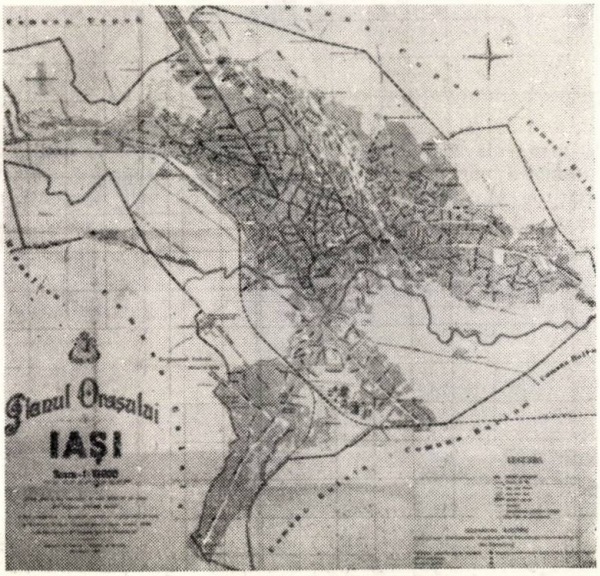


Fig. 5. Planul oraşului Iaşi cu reţeaua electrică şi posturile de transformare

transformatoare de 30 — 40 kVA, 3000/2 × 150 V, pentru serviciile interne.

Trebuie remarcat că oraşul Iaşi a utilizat chiar de la început sistemul de alimentare în înaltă tensiune şi distribuţia prin posturi de transformare 3000/2 × 150 V, ceea ce constitue un progres faţă de sistemele utilizate în acea vreme (curent continuu sau distribuţie în joasă tensiune).

Schema de distribuţie adoptată a fost suficient de raţională, menţinîndu-se în principiu şi după trecerea la sistemul trifazat. Tabloul centralei avea două plecări, care alimentau două puncte de distribuţie principale. Prima plecare, formată dintr-un cablu subteran 2 × 120 mm², alimenta un punct de distribuţie din partea de nord a oraşului; a doua plecare alimenta cu un cablu 2 × 95 mm² al doilea punct de distribuţie. De la aceste puncte de distribuţie erau alimentate posturile de transformare din oraş, care aveau şi legături de avarie atît pe înaltă cît şi pe joasă tensiune. Transformatoarele utilizate erau monofazate, în aer, de 7—40 kVA, montate în cabine metalice rotunde. În primul an de exploatare în întregul oraş erau 36 de posturi de transformare.

În 1900 lungimea totală a reţelelor de înaltă tensiune era de 10 863 m, iar a celor de joasă tensiune de 20 468 m. Majoritatea reţelelor erau subterane, fiind montate în partea centrală a oraşului. Suporţii reţelelor aeriene erau metalici, conform prevederilor caietului de sarcini. Ulterior, s-au utilizat şi stîlpi de lemn. Reţeaua aeriană de înaltă tensiune era prevăzută cu o plasă metalică.

Pentru iluminatul străzilor s-au utilizat lămpile electrice cu arc diferenţiale tip Schuckert, suspendate de stîlpi metalici ornamentali, care cuprindeau în corpul lor instalaţiile anexe (dispozitivul de coborîre al lămpilor, transformatorul, bobina de reactanţă). Lămpile erau alimentate de la un transformator coborîtor 150/30V, în serie cu o bobină de reactanţă, pentru mărirea stabilităţii de funcţionare. Distanţa constantă

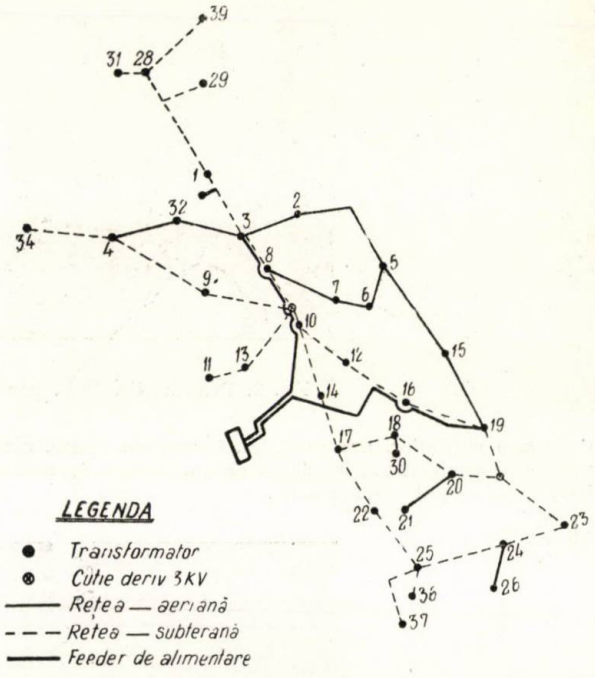


Fig. 6

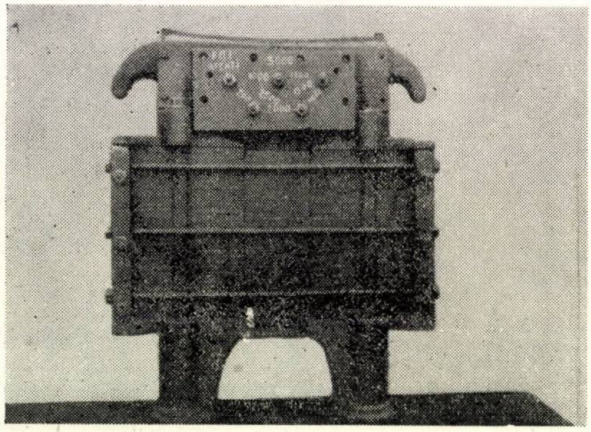


Fig. 7. Transformator monofazat în arc 3 000/2×150 V. Utilizat în 1899 la distribuţia energiei electrice.

între cărbuni se menţinea cu ajutorul a doi electromagneţi, care acţionau asupra unui disc de aluminiu, imprimîndu-i o mişcare de rotaţie; un mecanism de orologerie, acţionat de discul de aluminiu, apropia cărbunii pe măsură ce se consumau. Puterea unei astfel de lămpi cu arc era de 450—500 W;

Fig. 8. Stîlp metalic, ornamental, din 1899 pentru susţinerea lămpilor cu arc.

randamentul lor ajungea pînă la 86%. La data punerii în funcţiune a centralei erau numai 47 de lămpi, montîndu-se pînă la sfîrşitul anului 1899 un număr de 171 de lămpi cu arc, din care 87 funcţionau toată noaptea şi 84 numai o o parte din noapte. Prin anul 1904 s-au montat pe străzile secundare şi 314 lămpi cu incandescenţă de 150 V.

În primul an de exploatare producţia de energie electrică a fost de cca 200.000 kWh.

În 1899 uzina avea 239 de abonaţi; cu timpul creşte numărul abonaţilor, racordîndu-se şi cîteva întreprinderi industriale, ceea ce duce la creşterea lungimii reţelelor de înaltă şi joasă tensiune, precum şi a energiei livrate. În tabela 2 este dată creşterea lungimii reţelelor, a puterii instalate şi a numărului de abonaţi.

Centrala, care iniţial funcţiona numai seara, a început din 1906 să funcţioneze permanent. Creşterea consumului de energie a făcut necesară montarea, în perioada 1910—1913 şi a trei grupuri Diesel de 220, 420 şi 750 CP.

Societatea Continentale Gesellschaft a deţinut exploatarea pînă în anul 1916, cînd, prin declararea războiului, centrala trece în proprietatea statului. De la această dată şi pînă în 1920 centrala a fost administrată de Ministerul Industriei şi Comerţului.

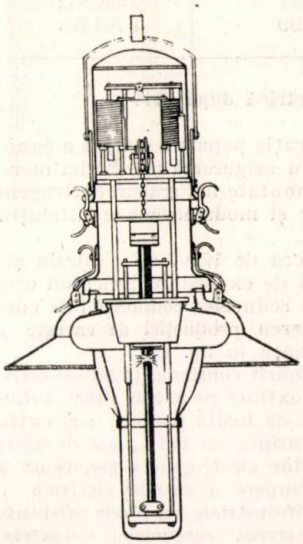
În perioada 1916—1925 uzura grupurilor şi imposibilitatea executării reparaţiilor în bune condiţiuni au dus la scoaterea din funcţiune a grupurilor Diesel, centrala funcţionînd numai cu vechile maşini cu aburi, la încărcări reduse; centrala funcţiona numai între orele 18—24, cu restricţii în distribuţie. În aceste condiţii, producţia de energie era foarte mică: în 1921 s-au produs 1.600.000 kWh, totalul numărului de ore de funcţionare fiind de 3920 ore.

În 1921 se face unificarea cu uzina de tramvaie, formîndu-se o singură direcţie. În 1923 centrala trece în proprietatea comunei.

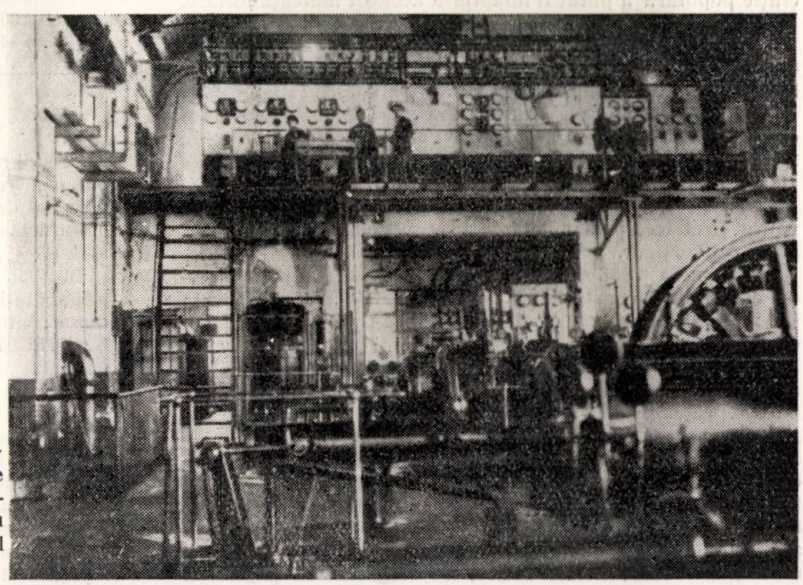
Starea de uzură avansată a impus refacerea tuturor instalaţiilor de producere şi distribuţie. Comuna neavînd posibi-

Tabela 2

Indici	Monofazat			Trifazat	
	1899	1909	1920	1944	1958
1. Reţea înaltă tensiune, km	10,8	20,9	24,3	41,2	65,8
2. Reţea joasă tensiune, km	20,4	30,4	54,7	150	224
3. Posturi transformare	36	45	45	54	101
4. Lămpi cu arc	171	171	290	—	—
5. Lămpi cu incandescenţă	—	317	734	3 400	4 024
6. Abonaţi	239	1 086	1 200	—	17 468
7. Puterea instalată în centrală, C.P.	1 200	1 200	2 610	9 200	19 200



← Fig. 9. Lampă cu arc utilizată la iluminatul străzilor 1900.



→ Fig. 10. Vedere din sala maşinilor. Maşinile cu aburi şi tabloul de distribuţie

lităţi financiare, centrala este concesionată în 1924 Societăţii Comunale de Electricitate Iaşi care preia exploatarea şi refacerea instalaţiilor.

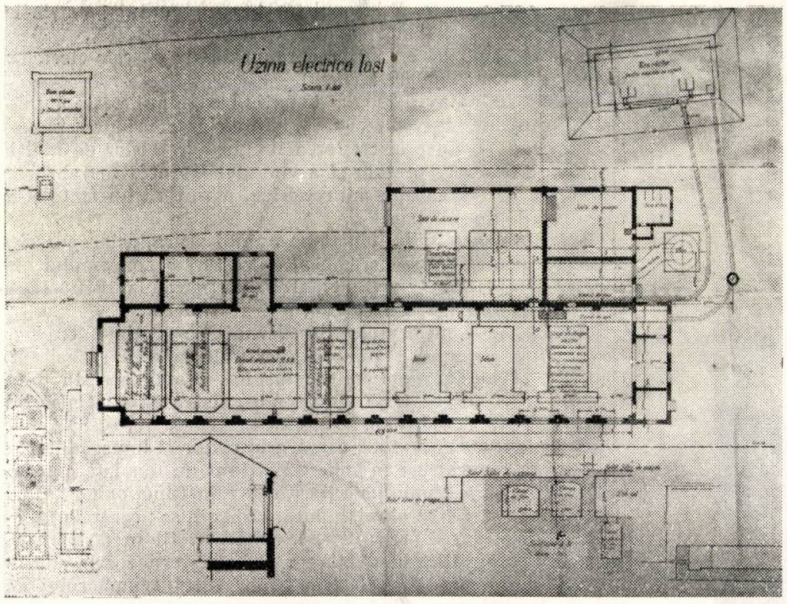


Fig. 11. Planul centralei electrice din Iaşi 1921 (proiect pentru instalarea noilor grupuri).

3. Refacerea centralei şi schimbarea sistemului de distribuţie

Încercări de refacere a centralei au existat încă din anul 1919, cînd se primiseră oferte pentru grupuri Diesel de 400—800 CP, cu generatoare monofazate.

Expertizele făcute în acel timp asupra stării centralei electrice arată necesitatea înlocuirii sistemului monofazat; de asemenea s-a propus trecerea la tensiunile normalizate 6000/380/220 V, întrucît aparatele electrice pentru 150 V se procurau din ce în ce mai greu.

Ca motoare primare s-a preferat adoptarea motoarelor Diesel în locul turbinelor, din cauza pornirii rapide, a adaptării uşoare la variaţiile de sarcină şi a consumului mai mic de combustibil. În favoarea grupurilor Diesel a pledat şi posibilitatea alimentării oraşului de la hidrocentrala de pe Bistriţa, motoarele putînd fi pornite într-un timp foarte scurt, în cazul unei avarii în sistem. Totuşi, abia în anii regimului de democraţie populară a putut fi înfăptuită această măreaţă lucrare, hidrocentrala „V. I. Lenin" de la Bicaz.

În 1925 a început montarea primului grup electrogen de 800 C P cu motor Sulzer şi alternator trifazic Reşiţa de 800 kVA, 6 kV, care a intrat în funcţiune la sfîrşitul anului 1925.

Ulterior s-au mai pus în funcţiune: în 1926, două grupuri de 800 CP, în 1927, un grup de 800 CP, în 1929, un grup de 2500 CP, în 1931, un grup de 1500 CP, în 1938, un grup de 1000 CP şi în 1940, un grup de 2800 CP.

În anul 1927 a fost desfiinţată centrala care alimenta tramvaiele electrice, prin montarea în centrala refăcută a unui grup convertizor.

În perioada 1936—1938 s-a făcut modernizarea tabloului de distribuţie, construindu-se o cameră de comandă nouă şi s-a amplificat sala maşinilor în vederea montării grupurilor de 1000 şi 2800 CP.

Concomitent cu montarea noilor grupuri, s-a început şi refacerea instalaţiilor de distribuţie. În prima etapă s-a păstrat reţeaua de distribuţie monofazată, alimentîndu-se prin intermediul a două transformatoare de 6000/3000 V. După construcţia noilor posturi de transformare şi montarea cablurilor de 6 kV, s-a trecut la distribuţia trifazată pe sectoare. În anul 1931 era terminată înlocuirea sistemului monofazat. Vechile cabluri de joasă tensiune au fost menţinute şi în noul sistem de distribuţie 380/220 V, utilizîndu-se cele trei conductoare ca faze active, iar mantaua de plumb ca nul. În 1930 existau în reţea 58 transformatoare cu o putere instalată totală de 3700 kVA.

Datorită dezvoltării economice a oraşului şi a îmbunătăţirii sistemului de distribuţie, centrala electrică începe să furnizeze cantităţi sporite de energie pentru consum industrial (tabela 3). În comparaţie cu anul 1939, în anul 1958 s-a distribuit pentru industrie de 15,3 ori mai multă energie, ceea ce arată ritmul industrializării în anii regimului de democraţie populară.

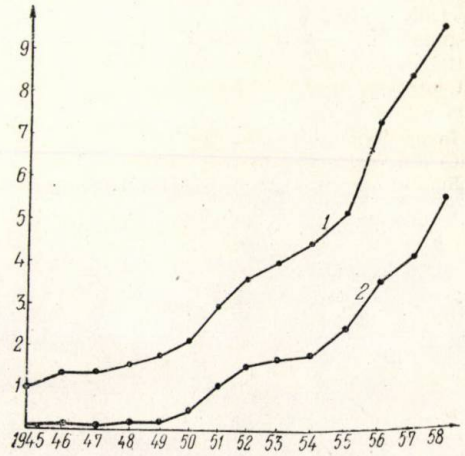


Fig. 12

Dezvoltarea instalaţiilor energetice din perioada dinainte de 1944 nu a contribuit totuşi la îmbunătăţirea condiţiilor de trai ale muncitorilor, întrucît tarifele erau foarte ridicate (14—18 lei/kWh), iar reţelele se limitau la zona centrală a oraşului.

Tabela 3

Anul	Numărul consumatorilor industriali	Energia livrată kWh
1925	—	—
1926	3	5 320
1927	28	18 602
1928	32	21 340
1929	12	25 628
1930	30	320 440
1935	280	1 216 126
1939	331	2 356 952
1941	299	1 704 503

4. Centrala electrică după 1944

În anii regimului de democraţie populară centrală a cunoscut o mare dezvoltare. Pentru asigurarea necesarului mereu crescînd de energie, au fost montate noi grupuri electrogene, amplificîndu-se sala maşinilor şi modernizîndu-se instalaţiile anexe.

În 1956 puterea instalată era de 19200 CP. Centrala şi-a îmbunătăţit necontenit indicii de exploatare, permiţînd creşterea continuă a producţiei şi reducerea consumului de combustibili şi lubrefianţi. Creşterea producţiei de energie în perioada 1945—1958 este redată în fig. 12.

Reţeaua de distribuţie s-a mărit continuu. În numai cîţiva ani după 1944 reţeaua a fost extinsă pe 334 de străzi, totalizînd 70 km. În 1958 reţeaua de înaltă tensiune s-a extins cu 161%, iar cea de joasă tensiune cu 143%, faţă de 1944.

Buna întreţinere a grupurilor electrogene a permis să se asigure furnizarea fără întrerupere a energiei electrice, în special pentru întreprinderile industriale noi şi cele existente, în continuă dezvoltare. Creşterea consumului industrial, reprezentată în fig. 12 prin curba 2, indică totodată şi ritmul

industrializării oraşului Iaşi, centrala electrică fiind aproape unica sursă de energie din acea perioadă.

Centrala electrică din Iaşi a contribuit în perioada 1950—1958 şi la extinderea electrificării regiunii, atît prin racordarea la reţeaua oraşului a unor localităţi din apropiere, cît şi prin construcţia şi exploatarea a 14 microcentrale din regiune.

În 1957, conform planului de electrificare, s-a executat linia de 110 kV Roman-Iaşi şi staţia Iaşi de 10 MVA, 110/35/6kV, care au fost date în exploatare la sfîrşitul anului 1957. Prin aceste lucrări s-a asigurat alimentarea principală cu energie electrică a oraşului, permiţîndu-se reducerea treptată a puterii instalate în centrala electrică orăşănească, care a devenit astfel o centrală de vîrf şi de intervenţie. Totodată s-a asigurat întreaga energie necesară dezvoltării industriale şi edilitare a oraşului.

În decursul celor 60 de ani de funcţionare, centrala electrică din Iaşi a contribuit la dezvoltarea oraşului iar în anii regimului de democraţie populară această unitate a adus aportul ei pe linia industrializării şi electrificării ţării, condiţii necesare pentru asigurarea bazei materiale a socialismului.

Bibliografie

[1] * * * Arhiva I.C.E.T.

[2] * * * *Tracţiunea şi extinderea iluminatului electric prin electricitate*, Iaşi, Tip. Dacia, 1913.

[3] * * * *Statistica din 1920 a „Reuniunii uzinelor electrice"* Informatorul Tehnic, 1922 (1), nr. 1—10 (apr.-aug.)

[4] Catona V.: *Monografia uzinei electrice Timişoara întocmită pentru jubileul de 50 ani de la punerea în funcţiune* (1884—1934), Tip. Romînească, Timişoara, 1934.

[5] Toma C.: *Realizările Societăţii Comunale de Electricitate din Iaşi*, Cetatea Moldovei, anul III, volumul VII, numărul 10, Iaşi.

[6] Baciu A.: *Cu 75 ani în urmă, pentru prima dată iluminat public electric în ţară*, Energetica, *VII* (1959), nr. 1 (ian.), pag. 23—27.

Începuturile energiei electrice în Bucureşti

Prof. ing. I. Ştefănescu Radu a fost un pretios colaborator al revistei noastre. În ultimul articol trimis redacţiei, regretatul profesor ne împărtăşeşte din bogatele sale amintiri legate de dezvoltarea energiei electrice în Bucureşti, acţiune căreia i-a închinat cu pasiune întreaga sa putere de muncă şi creaţie.

Publicarea acestor amintiri, care reliefează puternic eforturile neobosite depuse de oamenii de ştiinţă patrioţi, în ciuda condiţiilor neprielnice din trecut, prilejuieşte totodată cititorului confruntarea cu marile progrese realizate în anii de democraţie populară. Aceste progrese constituie şi materializarea celor mai nobile aspiraţii ale înaintaşilor noştri, a visurilor lor celor mai îndrăzneţe, pe care — spre marea lor satisfacţie — realitatea socialistă le-a întrecut.

În Bucureşti, la acea epocă (începutul secolului al XX-lea, *N.R.*) rolul energetic principal îl avea gazul aerian (artificial) produs din cărbuni. Iluminatul în case, magazine şi pe străzi se făcea prin becul incandescent Auer, care era adevăratul rival al lămpilor electrice de atunci; de asemenea, multe motoare şi aparate termice erau alimentate cu gaz aerian.

Chiar după instalarea şi punerea în funcţiune, în septembrie 1908*, a Centralei electrice Filaret, cu trei grupuri de motoare Diesel de circa 600 CP fiecare — primele motoare Diesel de această putere în lume — , consumul de energie electrică în oraş a fost foarte redus. Din această cauză, cel de-al patrulea grup Diesel prevăzut a fi instalat în Uzina electrică Filaret a fost înlocuit, în 1910—1911, cu două grupuri Diesel de cîte 250 CP, pentru a nu lăsa în funcţiune decît un grup de 250 CP, atunci cînd se cereau numai 50—60 kW, adică ziua şi parte din noapte.

Totuşi, avantajele electricităţii înclinau din ce în ce mai mult cumpăna spre folosirea ei, o dată cu perfecţionarea lămpii electrice cu fir Wolfram şi cu gaz neutru (1911—1912), care prin consumaţie foarte redusă şi ieftinătate putea concura cu becul Auer de gaz aerian.

Nimeni însă nu bănuia că cerinţele de electricitate vor creşte vertiginos în Bucureşti, ca şi în toată lumea. O dată cu înfiinţarea întreprinderii de tramvaie electrice, s-a construit o nouă (a doua) centrală electrică la Grozăveşti, pusă în funcţiune în 1912, cu două turbine de abur de cîte 1 000 kW; noua centrală putea da energie electrică la fel ca cea de la Filaret, adică curent trifazat de 5 000 V.

Războiul ce a urmat a stingherit mult dezvoltarea electrificării Bucureştiului. După terminarea războiului, situaţia alimentării cu electricitate a Capitalei era jalnică. Perioadele de vîrf erau pline de emoţii pentru personalul de exploatare. Îmbunătăţirile ce se făceau erau neînsemnate faţă de nevoi. Capitaliştii care deţineau acţiunile Societăţii de Gaz şi Electricitate (concesionarea primăriei Bucureşti pentru 40 ani — 1906—1946) erau preocupaţi în primul rînd de sporirea tarifelor şi, numai după ce ar fi avut asigurarea veniturilor, promiteau că se ocupă de investiţiile necesare. Această situaţie alarmantă a impus ca primăria oraşului Bucureşti să naţionalizeze pe concesionar. Din 1924 s-au luat măsuri de îmbunătăţire a alimentării oraşului cu electricitate. Împreună cu întregul personal tehnic al noii Societăţi de Gaz şi Electricitate de la acea epocă, am considerat necesar, ca Director Tehnic unic, a elabora un plan de dezvoltare. În cadrul acestui plan, s-au extins Uzinele electrice de la Filaret şi Grozăveşti, s-au născut uzinele de la Dobreşti şi Schitul Goleşti, s-a creat în Bucureşti suprareţeaua de 30 000 V şi s-a extins întregul sistem de distribuţie al oraşului, putîndu-se satisface astfel cerinţele în continuă creştere. Realizarea acestor lucrări a permis şi formarea la nivel tehnic mai înalt a muncitorilor specialişti, a tehnicienilor şi inginerilor respectivi.

Progresele ce s-au făcut însă din 1950 pînă astăzi, o dată cu industrializarea ţării şi electrificarea industriilor, lasă mult în urmă ceea ce se realizase pînă atunci.

Privind trecutul, trebuie să conchid că a fost un pionerat anevoios, dar viitorul este deschis unor progrese pe care nici nu le bănuim cît de mari vor fi în statul nostru socialist.

Ing. **I. Ştefăneseu Radu**
Profesor onorar al Politehnicii Bucureşti

* Realizările din prima perioadă de 25 de ani au fost expuse în lucrările:

—„ Din realizările de 25 ani la Uzinele electrice din Bucureşti", tipărită de A.P.D.E., nr. 3—5, 1935.

— 1908—1933 — Uzinele electrice Bucureşti, broşură festivă tipărită de Uzinele de Gaz şi Electricitate, Bucureşti 1935.

ECONOMIA ROMÎNEASCĂ ÎNTRE ANII 1944—1959

Elaborată de Institutul de Cercetări Economice al Academiei Republicii Populare Romîne, lucrarea prezintă bilanţul dezvoltării economice a ţării în ultimii 15 ani.Ea a fost întocmită de un colectiv larg de autori aleşi dintre membri specialişti ai Institutului de Cercetări Economice în colaborare cu diferiţi tehnicieni conducători în instituţiile sau întreprinderile de specialitate.

Faţă de multiplele probleme tratate şi diferitele lor aspecte, lucrarea s-a extins pe un număr de 595 pag. cuprinzînd pe lîngă numeroase tabele cu date ce exprimă evolutiv dezvoltarea economiei în diferitele ei sectoare, şi un număr de 43 planşe cu grafice care ajută la evidenţierea şi sintetizarea rezultatelor cuprinse în tabele. Dat fiind caracterul ei festiv şi de mare volum, lucrarea a fost imprimată pe hîrtie de rotoheliogravură de format 8/61 × 86 şi a fost legată în pînză.

Multiplele probleme atinse în cuprinsul lucrării sînt înglobate în 7 capitole.

Sintetizînd experienţa dobîndită de poporul nostru în anii revoluţiei populare, lucrarea începe cu analiza caracterului ştiinţific al politicii Partidului Muncitoresc Romîn de construire a economiei socialiste — cap. I — precum şi a modului în care se realizează conducerea planificată a economiei RPR — cap. II.

În continuare — cap. III — este analizată politica de industrializare socialistă în ansamblul ei şi apoi reflectarea acestei politici în dezvoltarea diferitelor ramuri ale industriei. Astfel se arată procesul de electrificare a ţării, dezvoltarea industriei carbonifere, industriei petrolului, industriei siderurgice, industriei constructoare de maşini şi a prelucrării metalelor, industriei chimice, industriei lemnului, construcţiilor şi materialelor de construcţii, industriei uşoare, industriei alimentare, industriei locale şi cooperaţiei meşteşugăreşti, precum şi schimbările esenţiale intervenite în repartizarea teritorială a ţării.

Deosebit de important este cap. IV în care se arată procesul de consolidare a alianţei clasei muncitoare cu ţărănimea muncitoare în cursul construcţiei socialiste precum şi problemele privind crearea şi dezvoltarea bazei tehnico-materiale a agriculturii socialiste, dezvoltarea gospodăriilor agricole de stat, crearea şi dezvoltarea sectorului socialist-cooperatist al agriculturii, creşterea producţiei agricole, dezvoltarea silviculturii şi industriei exploatărilor forestiere.

Urmează apoi un capitol — cap. V — privind dezvoltarea transporturilor şi telecomunicaţiilor, dezvoltarea comerţului interior, crearea şi dezvoltarea sistemului financiar şi de credit socialist.

Foarte interesant este capitolul VI cuprinzînd date care ilustrează colaborarea economică a RPR cu ţările din sistemul socialist, precum şi comerţul exterior al RPR cu ţările de democraţie populară. Colaborarea ţării noastre cu URSS şi celelalte ţări ale lagărului socialist, permite un ritm de dezvoltare accelerat al economiei naţionale pe de o parte şi în acelaşi timp întărirea şi lărgirea pe plan internaţional a pieţii lagărului socialist.

Ultimul capitol — capitolul VIII — tratează problemele privind populaţia RPR şi creşterea nivelului de trai material şi cultural al oamenilor muncii, aceste rezultate obţinute în cursul construcţiei socialiste a ţării noastre fiind scopul suprem al politicii economice a Partidului şi Guvernului nostru. Lucrarea se încheie cu o expunere privind dezvoltarea economică a RPR — expresie a superiorităţii socialismului faţă de capitalism.

Din capitolul privind dezvoltarea industriei pe ramuri este cazul să menţionăm „Procesul de electrificare a ţării" întocmit de Conf. ing. N. Gheorghiu, Adjunct al Ministrului Industriei Grele. Faţă de importanţa acestei ramuri, ea a fost tratată în lucrare chiar la începutul cap. III. În cuprinsul expunerii s-au arătat începuturile electrificării în Romînia şi starea înapoiată în dezvoltarea acestei ramuri pînă la eliberarea patriei noastre. Consumul de energie electrică pe cap de locuitor în anul 1938 era de 72,4 kWh faţă de 125 în Polonia, 380 în Cehoslovacia, 550 în Anglia şi 1351 în Suedia. Din 15 000 sate numai 135 sate erau electrificate. Regimul de democraţie populară, cunoscînd că la baza industrializării socialiste a ţării şi ridicării continue a nivelului de trai al oamenilor muncii este electrificarea, a deschis largi perspective pentru dezvoltarea acestei ramuri prin planurile din anii 1949—1950 şi planul de durată 1951—1960. Odată cu planul de electrificare s-au fixat şi liniile directoare care au stat la baza dezvoltării energetice a RPR pentru o mai bună concentrare a producerii de energie electrică, pentru valorificarea raţională a resurselor energetice, o mai bună utilizare a resurselor hidroenergetice, folosirea judicioasă a fondului de investiţii afectat sectorului de producţie electric, dezvoltarea sistemelor energetice prin interconectarea centralelor electrice şi a consumatorilor importanţi, intensificarea electrificării în mediul rural, etc. Rezultatele aplicării planurilor de electrificare şi a măsurilor arătate mai sus se reflectă în evoluţia (1950—1958) structurii investiţiilor pentru producerea energiei electrice şi termice, creşterea puterii instalate în centralele electrice, gruparea centralelor electrice, structura consumului de combustibil pentru producerea de energie electrică în centralele termoelectrice, lungimea liniilor de transport de înaltă tensiune a reţelelor de distribuţie, etc. Cîteva rezultate sînt edificatoare : puterea totală instalată în anul 1958 este de 3 ori mai mare decît în anul 1938, producţia de energie electrică totală de aproape 6 ori, iar producţia de energie pe cap de locuitor atinge 343 kWh deci creşte de 4,6 ori faţă de anul 1938.

Ca urmare a acestei evoluţii numărul de sate electrificate a crescut, ajungînd în anul 1958 la cifra de 2629. În plus, numai în 8 ani (1950—1957) au fost electrificate 800 unităţi agricole socialiste de stat şi un mare număr de gospodării agricole colective.

În continuare lucrarea arată progresul tehnic obţinut prin introducerea soluţiilor tehnice moderne, formarea cadrelor, productivitatea muncii şi reducerea preţului de cost în ramura electrificării.

Lucrarea Economia Romîniei între anii 1944—1959 se adresează în egală măsură cercetătorilor ştiinţifici şi economiştilor, tehnicienilor şi specialiştilor din toate ramurile economiei naţionale şi constituie un sprijin preţios pentru studenţi şi personalul didactic din unităţile de specialitate. Rezultatele obţinute arătate în lucrare trebuie să constituie un imbold în munca de zi cu zi pentru construirea socialismului în patria noastră.

Ing. **Liliana Rădulescu**

I. P. 2, c. 1405

СОДЕРЖАНИЕ

ДК. 621.315.23.027.3

Vicol P. и *Lăzărescu S.*: **Подземные линии электропередачи сверхвысокого напряжения. Сооружение первой подземной линии на 110 кв в Бухаресте.**

В рамках исследования подземных кабельных сетей высокого напряжения авторы описывают кабельное соединение, созданное для питания крупной трансформаторной станции на 110 кв, расположенной в центре столицы.

Energetica 8 (1960) nr. 5, стр. 193—206

ДК. 621.34 ;681.14 :681.311.177

Penescu C.: **Применение аналого-численных преобразователей.**

Являясь специалистом в области автоматики, автор анализирует вопрос преобразования величин применяемых при диспечерском управлении электрических систем, а именно из величин, измеряемых аналогичным способом в величины, выражаемые числами и наоборот.

Далее показано, как работают аналого-численные преобразователи и анализируются результаты, которые можно получить при помощи этих приборов, а также перспективы их применения в Румынии.

Energetica 8 (1960) nr. 5, стр. 207—214

ДК. 537.749 ; 537.122 ; 621.187

Vezeanu P.: **О радиоактивных уровнемерах и их применении на паровых котлах.**

Указывается возможность применения радиоактивных изотопов для измерения уровня воды в паровых котлах. Описываются различные конструкции уровнемеров, в основу которых положен данный принцип измерения.

Energetica, 8 (1960) nr. 5, стр. 214—217

ДК. 621.791.75.004.4 :614.8

Grosu Şt.: **Техника безопасности при электродуговой сварке.**

Автор, конструктор электрических машин описывает проведенные им исследования в области поведения в эксплуатации электросварочного оборудования, выпускаемого отечественной промышленностью и рекомендует практические меры для конструкторов и в особенности эксплуатационников в целях повышения безопасности в связи с возможными поражениями электрическим током.

Energetica, 8 (1960) nr. 5, стр. 217—223

НА ПРОИЗВОДСТВЕ

ДК. 658.516 ; 621.311.152 ;664.7

Reusz Gh.: **Мероприятия по снижению расхода электроэнергии на мельницах.**

Energetica 8 (1960) nr. 5, стр 223—225

ЗАРУБЕЖНАЯ ЭНЕРГЕТИКА

DK. 621.311.2.001.1(497)

Filotti A.: **Перспективы гидроэнергетики в Болгарии на период 1960—1965 гг.**

Energetica 8 (1960) nr. 5, стр. 225—227

ДК. 621.183

Colț Gh.: **Сальниковые компенсаторы для паропроводов.**

Eneregtica 8 (1960) nr. 5, стр. 228—231

ДИСКУССИИ

ДК. 621—714.001.13

Măruță Al.: **Замечания вопросу приблизительного (предварительного) расчета градирень.**

Energetica 8 (1960) nr. 5, стр. 231—233

ХРОНИКА

ДК. 621.311.22/23 (498.31).

Ostap C. и *Saviuc V.*: **60 лет со дня пуска Ясской электрической станции.**

Energetica 8 (1960) nr. 5, стр. 234—239

ДК. 621,311.1(498.11

Ștefănescu Radu I.: **Заметки об истории использования электроэнергии в Бухаресте.**

Energetica 8 (1960) nr. 5, стр. 239

РЕЦЕНЗИИ стр. 240

INHALTSVERZEICHNIS

DK. 621.315.23.027.3

Vicol P. und *Lăzărescu S.*: **Unterirdische elektrische Kabelleitungen sehr hoher Spannung. Bau der ersten unterirdische 110 kV Kabelanlage in der Landeshauptstadt.**

Im Rahmen einer Betrachtung über unterirdische Hochspannungskabelnetze beschreiben die Verfasser die, für die Versorgung einer im Zentrum der Stadt Bukarest gelegenen beudeutenden Umspannstation angelegte 110 kV Kabelleitung.

Energetica, 8 (1960) H. 5, S. 193—206

DK. 621.34 ;681.14 ; 621.311.177

Penescu, C.: **Anwendung analog-numerischer Umrechner in zentralen Lastverteilern von Verbundnetzen.**

Der Verfasser behandelt als Fachmann auf dem Gebiet der Automatisierung die Frage der Umrechnung der von Lastverteilern in elektrischen Netzen benötigten Werte aus wechselweise nach dem Analogverfahren gemessene in zahlenmässig ausgedrückten Werten und umgekehrt. Anschliessend wird die Funktionsweise der analog-numerischen Umrechner beschrieben, die von diesen zu erwartenden Leistungen erörtert und die Aussichten für die Verwendung innerhalb des Landes besprochen.

Energetica, 8 (1960) H. 5, S. 207—214.

DK. 537.749 ; 537.122 ; 621.187

Vezeanu, P.: **Wasserstandmesser mit radioaktiven Isotopen und ihre Verwendung bei Dampfkesseln.**

Die Verwendungsmöglichkeit radioativer Isotope für Wasserstandmesser von Dampfkesseln wird untersucht und verschiedene Bautypen von Wasserstandmesser mit Isotopen werden beschrieben.

Energetica 8 (1960) H. 5, S. 214—217

DK. 621.791.75.004.4 : 614.8

Grosu St. **Arbeitsschutz bei elektrischen Schweissungen.**

Als Kontrukteur elektrischer Maschinen beschreibt der Verfasser die Ergebnisse seiner Untersuchungen über das Verhalten der im Inland erzeugten elektrischen Schweissaggregate. Es werden die von den Erzeugerwerken und von Betrieben, welche derartige Schweissmaschinen in Gebrauch haben, zwecks Erhöhung der Sicherheit gegenüber Kurzschlussgefahr erforderlichen praktischen Massnahmen erörtert.

Energetica 8 (1960) H. 5, S. 217—223

AUS DEN BETRIEBEN

DK. 658.516 ; 621.311.152 ; 664.7

Reusz Gh.: **Massnahmen für die Normung des Energieverbrauchs in Mühlen.**

Energetica 8 (1960) H. 5, S. 223—225

ENERGIEWIRTSCHAFT IM AUSLAND

DK. 621. 311. 2.001.1 (497)

Filotti, A.: **Aussichten des Ausbaus von Wasserkraftanlagen in Bulgarien in den Jahren** 1960—1965.

Energetica 8 (1960) H. 5, S. 225—227

DK. 621.183

Colț, Gh.: **Stopfbüchsenkompensatoren für Dampfleitungen.**

Energetica 8 (1960) H. 5, S. 228—231

DISKUSSIONEN

DK. 621—714.001.13

Măruță, Al.: **Bemerkungen zur Frage der vorläufigen über schlägliehen Bemessung von Kühltürmen.**

Energetica 8 (1950) H. 5, S. 231—233

CHRONIK

DK. 621.311.22/23 (498.31)

Ostap, C. und *Saviuc, V.*: 60 **Jahre seit der Inbetriebsetzung des Elektrizitätswerks Jassy.**

Energetica 8 (1960) H. 5, S. 234—239

DK. 621.311.1(498.11)

Ștefănescu Radu, I.: **Anfänge der Elektrizitätsversorgung der Stadt Bukarest**

Energetica 8 (1960) H. 5, S 239

REZENSIONEN, S. 240

SOMMAIRE

CD 621.315.23.027.3

Vicol P. et *Lăzărescu S.* : **Lignes électriques souterraines à très haute tension. La construction de la première ligne.**

Dans le cadre d'une étude sur les réseaux souterrains de câbles à haute tension, les auteurs donnent une description de la liaison en câble construite pour l'alimentation d'une importante station de transformation de 110 kV, emplacée au centre de la ville de Bucarest.

Energetica, **8** (1960) no. 5, p. 193–206

CD 621.34:681.14:621.311.177

Penescu C. : **Utilisation des convertisseurs analogiques-numéraux.**

L'auteur traite, en spécialiste dans le domaine de l'automation, du problème de la conversion des grandeurs nécessaires à la direction, par l'intermédiaire du dispatcher, des systèmes électriques, des grandeurs mesurées selon le principe analogique dans des grandeurs exprimées en chiffres et vice versa. Ensuite, il décrit le mode de fonctionnement des convertisseurs analoqigues-numéraux et analyse les performances réalisables à l'aide de ces appareils ainsi que les perspectives pour leur utilisation dans notre pays.

Energetica. **8** (1963) no. 5, p. 207–214

CD 537.719:537.122:621.187

Vezeanu P. : **Niveaux à sources radioactives et leur application aux chaudières à vapeur.**

L'article traite de la possibilité d'employer les isotopes radioactifs pour mesures le niveau de l'eau dans les cylindres des chaudières à vapeur, et décrit différents types de niveaux construits se basant sur ce principe.

Energetica **8** (1960) no. 5, p. 214–217

CD 621.791.75.004.4:614.8

Grosu St. : **Aspects de la technique de sécurité au soudage électrique à arc.**

L'auteur, constructeur de machines électriques, communique ses préoccupations se rattachant à la recherche du mode de comportement, dans l'exploitation, des appareils de soudage électrique construits dans notre pays et signale les mesures pratiques à prendre, par les constructeurs et particulièrement par les usagers, en vue d'accroître la protection contre le danger d'électrocution.

Energetica **8** (1960) no. 5, p. 217–223

NOUVELLES DE NOS ENTREPRISES

CD 658.516:621.311.152:664.7

Reusz Gh. : **Mesures à prendre pour la réduction de la consommation d'énergie dans les moulins**

Energetica **8** (1960) no. 5, p. 223–225

L'ÉCONOMIE ÉNERGETIQUE A L'ÉTRANGER

CD 621.311.2.001.1(497)

Filotti A. : **Les perspectives de l'économie hydroénergétique bulgare pendant la période des années** 1960—1965.

Energetica **8** (1960) no. 5, p. 225–227

CD 621.183

Colț Gh. : **Compensateurs à presse-étoupe pour conduites à vapeur.**

Energetica **8** (1960) no. 5, p. 228–231

DISCUSSIONS

CD 621–714.001.13

Măruță Al. : **Note au sujet du problème du dimensionnement approximatif (préalable) des tours de réfrigération.**

Energetica **8** (1960) no. 5, p. 231–233

CHRONIQUE

CD 621.311.22/23(498.31)

Ostap C. et *Saviuc V.* : 60 **ans depuis la mise en fonction de la centrale électrique de Iassy.**

Energetica **8** (1960) no. 5, p. 234–239

CD. 621.311.1(498.11).

Ștefănescu Radu I. : **Les débuts de l'énergie électrique à Bucarest**

Energetica **8** (1960) no. 5, p. 239

COMPTES RENDUS, p. 240.

CONTENTS

DC 621.315.23.027.3

Vicol P. and *Lăzărescu S.* : **Underground very high tension electrical lines. The first underground** 110 **kV cable construction in our capital.**

Within the framework of a study on the underground high tension networks, the authors describe the connection in cable constructed for supplying an important 110 kV transformation station, placed in the centre of the town of Bucharest

Energetica, **8** (1960) no. 5, p. 193—206

DC 621.34 ; 681.14 ;621.311.177

Penescu C. : **The utilization of analogue-digital convertors.**

The author deals, as a specialist in the field of automation, with the problem of converting the values necessary to the management, by a dispateher, of the electrical systems — from values measured, according to the analogue principle, into numerically expressed values, and inversely. Thereafter, he describes the mode of operating of the analogue-digital convertors and analyzes both the performances able to be achieved with the aid of those apparatus and the future prospects for their use in our country.

Energetica, **8** (1960) no. 5, p. 207—214

DC 537.749 ; 537.122 ; 621.187

Vezeanu P. : **On levelling instruments with radioactive sources and their use at steam boilers.**

In the paper. the possibility is shown of using radioactive isotopes for measuring the water level in the steam boilers cylinder and several types of levelling instruments based on this principle are described.

Energetica **8** (1960) no. 5, p. 214—217

DC 621.791.75.004.4 :614.8

Grosu St. : **Some aspects of security technics at the electrical welding with arc.**

The author, as an electrical machines builder, communicates his preoccupations connected to the investigation of the mode of behaviour, during operation, of the electrical welding apparatuses built in our country and indicates practical steps to be taken by builders and especially by the users, with a view to increasing the security against the danger of electrocution.

Energetica **8** (1960) no. 5, p. 217—223

FROM OUR MILLS

DC 658.516 ; 621.311.152 ; 664.7

Reusz Gh. : **Mesures to be taken for cutting in the consumption of energy in mills.**

Energetica **8** (1960) no. 5, p. 223—225

ENERGY ECONOMY ABROAD

DC 621.311.2.001.1(497)

Filotti A. : **The future prospects of the Bulgarian hydropower economy in the period** 1960–1965

Energetica **8** (1960) no. 5, p. 225—227

DC 621.183

Colț Gh. : **Compensators with stuffing-box for steam pipes.**

Energetica **8** (1960) no. 5, p. 228—231

DISCUSSIONS

DC 621—714.001.13

Măruță Al. : **Notice on the problem of the approximate (previous) dimensioning of cooling towers.**

Energetica **8** (1960) no. 5, p. 231—233

CHRONICLE

DC 621.311.22/23 (498.31)

Ostap C. and *Saviuc V.* : 60 **years since the electrical power Station in Iassy was put into operation.**

Energetica **8** (1960) no. 5, p. 234—239

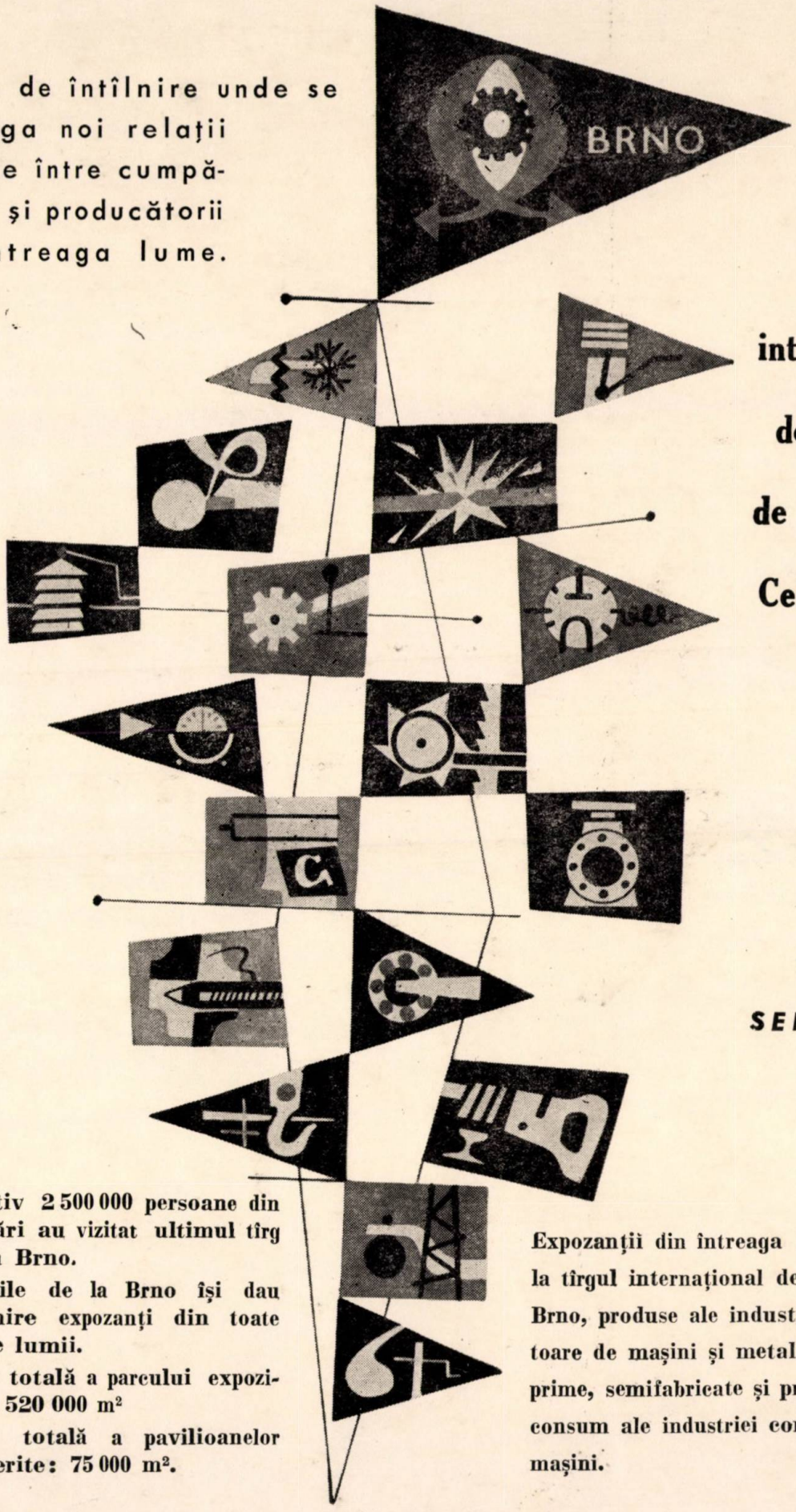
DC 621.311.1 (498.11)

Ștefănescu Radu I. : **Beginnings of electrical energy in Bucharest.**

Energetica **8** (1950)no. 5, p. 239.

BOOK REVIEWS, p. 240

Un loc de întîlnire unde se vor lega noi relaţii amicale între cumpărătorii şi producătorii din întreaga lume.



Tîrgul internaţional de mostre de la Brno, Cehoslovacia

11 — 25 SEPTEMBRIE 1960

Aproximativ 2 500 000 persoane din 45 ţări au vizitat ultimul tîrg de la Brno.

La tîrgurile de la Brno îşi dau întîlnire expozanţi din toate ţările lumii.

Suprafaţa totală a parcului expoziţiei: 520 000 m²

Suprafaţa totală a pavilioanelor acoperite: 75 000 m².

Expozanţii din întreaga lume prezintă la tîrgul internaţional de mostre de la Brno, produse ale industriei constructoare de maşini şi metalurgice, materii prime, semifabricate şi produse de larg consum ale industriei constructoare de maşini.

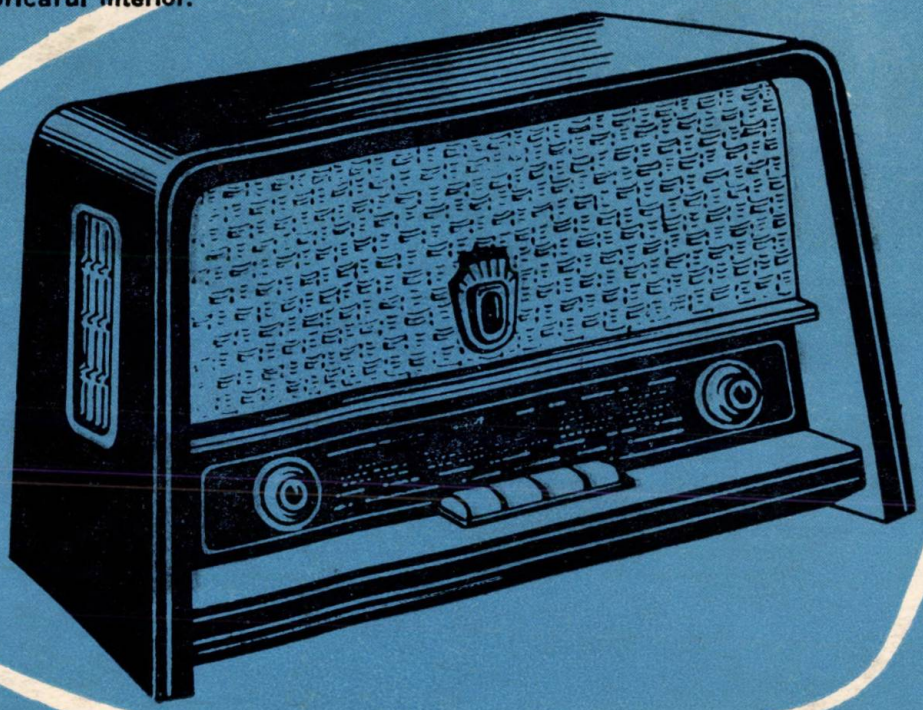
ELECTRONICA

VĂ OFERĂ PENTRU ANUL 1960
RADIORECEPTORUL DORIT DE DVS.

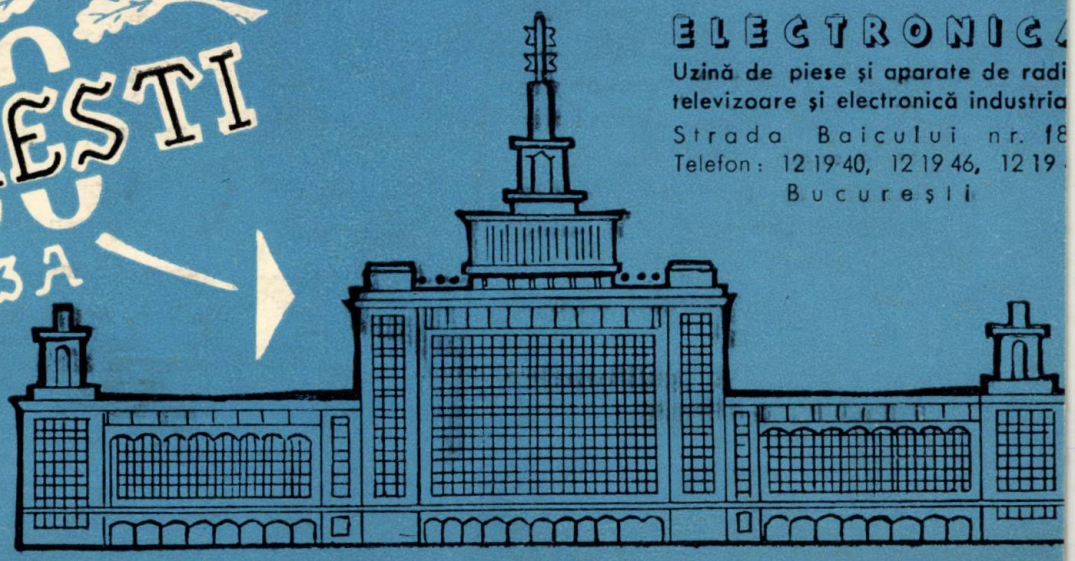
„BUCUREȘTI 500"

S 593 A

Performanțe excelente pe toate lungimile de undă.
Prevăzut cu două difuzoare permanent dinamice, aparatul vă oferă o audiție minunată datorită cîmpului sonor uniform ce se va crea în apartament.
Indicatorul optic de acord oferă posibilitatea unui acord rapid și precis.
Caseta armonios îmbinată este plăcută ochiului și dă o notă de eleganță oricărui interior.



BUCUREȘTI 500 S593A



ELECTRONICA

Uzină de piese și aparate de radi
televizoare și electronică industria

Strada Baicului nr. 18
Telefon: 12 19 40, 12 19 46, 12 19
București

E 2039

REFERALVA

ENERGETICA

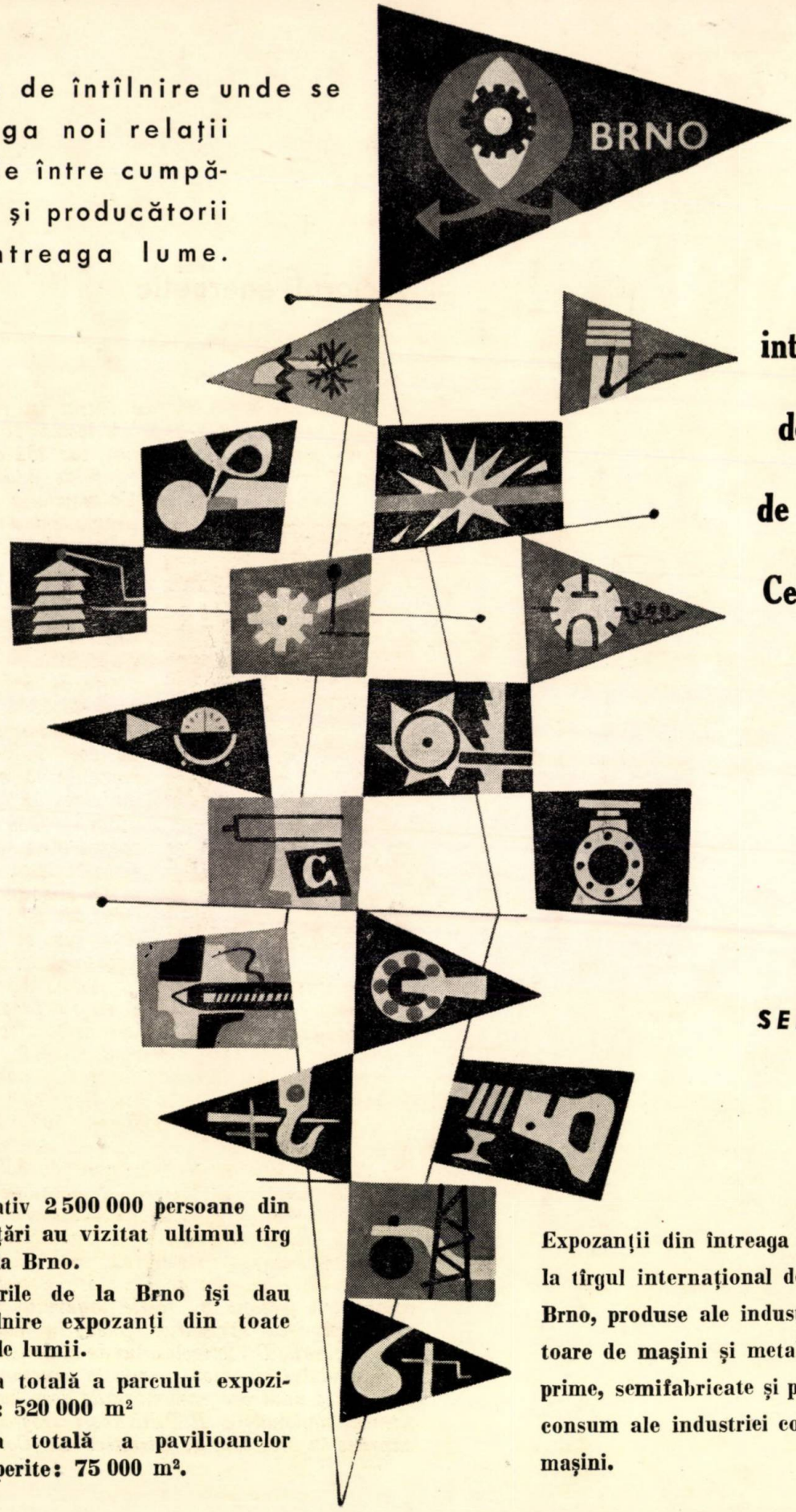
6

Energetica — Vol. 8 — iunie

nr. 6/1960 — p. 241 - 288 — București

1960

Un loc de întîlnire unde se vor lega noi relații amicale între cumpărătorii și producătorii din întreaga lume.



Tîrgul internațional de mostre de la Brno, Cehoslovacia

11 — 25 SEPTEMBRIE 1960

Aproximativ 2 500 000 persoane din 45 țări au vizitat ultimul tîrg de la Brno.

La tîrgurile de la Brno își dau întîlnire expozanți din toate țările lumii.

Suprafața totală a parcului expoziției: 520 000 m²

Suprafața totală a pavilioanelor acoperite: 75 000 m².

Expozanții din întreaga lume prezintă la tîrgul internațional de mostre de la Brno, produse ale industriei constructoare de mașini și metalurgice, materii prime, semifabricate și produse de larg consum ale industriei constructoare de mașini.

ENERGETICA

ANUL 8 Nr. 6 IUNIE 1960

CUPRINS

Popovici T.: **Spre noi realizări în sectorul energetic.**
Energetica 8 (1960) Nr. 6, p. 241–243

CZ 621.316.18.052.333

Rădulescu V.: **Funcționarea în două faze a liniilor trifazate de înaltă tensiune cu neutrul pus direct la pămînt.**

Articolul arată în primul rînd importanța pentru alimentarea neîntreruptă cu energie electrică a consumatorilor, a posibilității ce există, pentru liniile de transport trifazate, cu neutrul legat direct la pămînt, a funcționării în două faze a acestora, fără ca la receptoarele consumatorilor, disimetria de tensiuni să depășească o cifră admisibilă pentru buna lor funcționare. Mai departe, se expune pe scurt teoria funcționării în două faze a liniilor citate, cu indicații pentru predeterminarea dezechilibrelor de curent și disimetriilor de tensiune, atît în cazul alimentării dintr-o singură sursă de energie, cît și în cazul alimentării lor din cele două capete.
Energetica 8 (1960) Nr. 6, p. 244–253

CZ 621—523.2

Popescu S.: **Considerații asupra eficacității anclanșării automate a rezervei și a comportării aparatajului de protecție în cazul funcționării automatizării respective.**

În articol se indică succint, modul de calcul, de reglare și verificare a elementelor conexe cu o schemă de AAR care să-i asigure eficacitatea maximă.
Energetica 8 (1960) Nr. 6, p. 254–261

CZ 621.18

Ungureanu C.: **Spălarea prin barbotaj a aburului cu apă de alimentare la cazanele PK-10 de la T.C.E. Paroșeni.**

Se expun rezultatele, în ce privește puritatea aburului, obținute prin montarea dispozitivelor de spălare a aburului, pe baza unor încercări termochimice, executate la T.C.E. Paroșeni, în 1959
Energetica 8 (1960) Nr. 6, p. 262–269

CZ 621.311.22: 621.187.3.004

Vladimir N.: **Determinarea duratei optime de funcționare a turbinelor cu condensație între două spălări succesive a condensatorului.**

Se prezintă o metodă de determinare a timpului optim de funcționare a unui grup turbogenerator cu turbină cu condensație între două spălări succesive ale condensatorului. După expunerea teoretică se dă un exemplu de calcul.
Energetica 8 (1960) Nr. 6, p. 270–274

CZ 621.311.22: 621.187.12.004

Mircescu Valentina: **Experiența de exploatare cu funcționare intermitentă a instalației de tratare a apei.**

Se descriu o serie de propuneri menite să rezolve unele greutăți cu mărirea cantității de FeO în conținutul apei de alimentare, în urma scăderei capacității de schimb a sulfcărbunelui întîmpinate la termocentrală.
Energetica 8 (1960) Nr. 6, p. 274–276

CZ 621.311.22.004.6

Munteanu R.: **Modificări constructive aduse la instalațiile de preparare a prafului de cărbune la CTE Paroșeni.**

Se descriu modificările aduse în sistemul de măcinare la C.T.E. Paroșeni pentru înlăturarea greutăților în exploatare produse de umiditatea cărbunelui.
Energetica 8 (1960) Nr. 6, p. 277–278

CZ 621.311.25.001.3

Badea A. I. și Wlezek C.: **Construcția unei centrale nucleare-electrice în Italia.**

În articol se face monografia centralei nuclearoelectrice Latina cu o putere de 200 MW-e ce se construiește în prezent în Italia.
Energetica 8 (1960) Nr. 6, p. 279–286

RECENZII, p. 287–288

COMITETUL DE REDACȚIE

Prof ing. **I. D. STĂNCESCU**, redactor responsabil, conf. ing. **C. MIHĂILEANU**, redactor responsabil adjunct, conf. ing. **I. A. BADEA**, prof. ing. **M. BERCOVICI**, membru corespondent al Academiei R.P.R., laureat al Premiului de Stat, ing. **M. COGĂLNICEANU**, conf. ing. **E. CONSTANTINESCU**, ing. **P. DIMO**, laureat al Premiului de Stat, prof. ing. **C. DINCULESCU**, membru corespondent al Academiei R.P.R., ing. **I. V. HERESCU**, conf. ing. **N. MOLDOVEANU**, prof. ing. **C. PENESCU**, ing. **T. POPA**, ing. **S. SĂNDULESCU** și ing. **P. VICOL**

Revista „**ENERGETICA**", organ al Asociației Științifice a Inginerilor și Tehnicienilor din R.P.R. și al Ministerului Industriei Grele. Redacția : București, Str. Ion Ghica Nr. 3, Raion Tudor Vladimirescu, Telefon 16.78.78 — Administrația și Casieria : București, Calea Victoriei. Nr. 118, Raion I. V. Stalin, Telefon 14.06.24 — Revista este editată de A.S.I.T. — Abonamentele se primesc la administrația revistei, la sediul filialelor și subfilialelor A.S.I.T. din întreaga țară și prin responsabilii cu presa din cercurile A.S.I.T. — Instituțiile pot achita abonamentele pentru biblioteci și cabinetele tehnice în contul nostru de virament : Publicațiile Tehnice A.S.I.T. 070124 B.R.P.R. Filiala I. V. Stalin — București — Tarif pentru întreprinderi : lei 100 anual. — Tarif pentru muncitori, tehnicieni și ingineri : lei 30 anual — Prețul unui exemplar : lei 5 — Tiparul : Întreprinderea Poligrafică Nr. 2, București.

ENERGETICA

ANUL 8
1960
Nr. 6
IUNIE

ORGAN AL ASOCIAȚIEI ȘTIINȚIFICE A INGINERILOR ȘI TEHNICIENILOR DIN R.P.R.
ȘI AL MINISTERULUI INDUSTRIEI GRELE

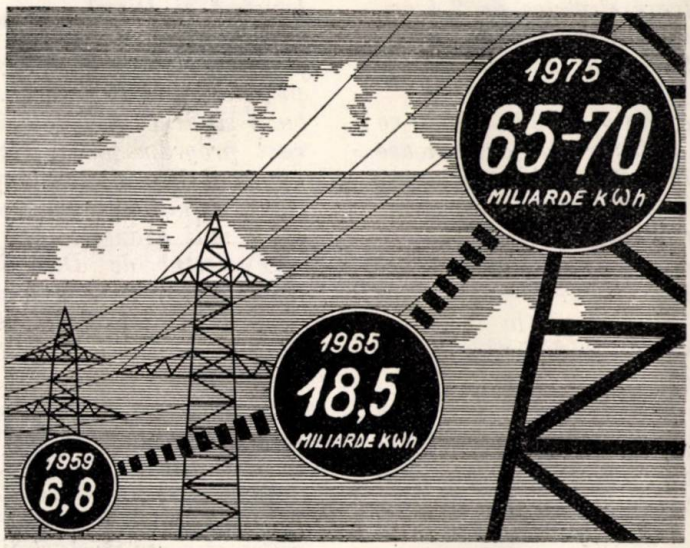
Spre noi realizări în sectorul energetic

Ing. *T. POPOVICI*
Director al Direcției Energiei Electrice – MIG.

Poporul muncitor din țara noastră a primit cu deosebită bucurie proiectul de Directive ale celui de-al III-lea Congres al P.M.R. pentru planul de dezvoltare a economiei naționale pe 1960—1965 și pentru programul economic de perspectivă.

Acest document de importanță istorică oglindește victoriile obținute de întreg poporul muncitor în perioada care s-a scurs de la cel de al II-lea Congres al P.M.R.

Proiectul de Directive reprezintă un document de bază pentru dezvoltarea economiei naționale în anii viitori, trasează un măreț program de luptă pentru construirea socialismului în Republica Populară Romînă.



După cum se subliniază în proiectul de Directive, în perioada care a trecut de la cel de al II-lea Congres al P.M.R., oamenii muncii din țara noastră au obținut realizări de seamă pentru continua creștere a producției și productivității muncii, pentru consolidarea relațiilor de producție socialistă, pentru dezvoltarea planică proporțională a economiei naționale pe o linie mereu ascendentă.

Producția globală industrială va fi cu 65% mai mare în 1960 față de 1955, realizîndu-se cu deplin succes linia trasată de Congresul al II-lea cu privire la creșterea producției industriale cu 60—65%. Un succes de seamă îl constituie de asemenea îndeplinirea cu un an mai devreme a prevederilor planului de electrificare elaborat pentru perioada 1951—1960. Producția de energie electrică a crescut de la 2,1 miliarde kWh în 1950 la 7,7 miliarde kWh în 1960, depășind cu 10% prevederile planului de electrificare.

În anii 1956—1959 au intrat în funcțiune în industria republicană și locală 101 întreprinderi noi, 93 de secții noi, iar 294 de întreprinderi existente au fost reutilate și dezvoltate.

Ca rezultat al ridicării permanente a nivelului tehnic al întreprinderilor noastre și a îmbunătățirii calificării muncitorilor din industria socialistă, productivitatea muncii crește în 1960 cu 48% față de 1955. Aceasta a determinat ca prețul de cost în industria republicană să scadă cu circa 12% în anii 1956 — 1959. Transformări de mare însemnătate au avut loc și în sectorul agriculturii din țara noastră. Așa cum se arată în proiectul de Directive, sarcina trasată de Congresul al doilea al partidului ca în 1960 sectorul socialist să fie preponderent ca suprafață și ca producție-marfă, a fost realizată încă de la sfîrșitul anului 1959.

An de an au crescut veniturile bănești ale salariaților de toate categoriile. Sarcina cu privire la creșterea salariului real cu 30% în 1960 față de 1955 a fost îndeplinită și depășită încă în 1959, realizîndu-se o creștere de 33%.

Toate aceste înfăptuiri de o deosebită importanță au putut fi posibile ca urmare a introducerii în viață a principiilor marxist-leniniste cu privire la industrializarea țării, ca urmare a sprijinului acordat de Uniunea Sovietică și a colaborării frățești cu țările lagărului socialist.

Îndeplinirea sarcinilor puse în fața clasei muncitoare de Directivele celui de al doilea Congres al partidului au creat premizele necesare pentru elaborarea unui program măreț de dezvoltare a economiei naționale a R.P.R. Acest program se află cuprins în proiectul de Directive ale Congresului

al III-lea al P.M.R. prin a cărui îndeplinire se va desăvîrși construcția socialistă în țara noastră.

După cum se subliniază în proiectul de Directive în planul de 6 ani se vor lărgi și consolida relațiile de producție socialiste, încheindu-se totodată procesul de transformare socialistă a agriculturii.

Valoarea producției globale industriale va fi în anul 1965 de aproximativ 2,1 ori mai mare decît în anul 1959, principalele eforturi fiind îndreptate spre siderurgie, construcția de mașini, energie electrică, industria chimică etc. și spre intensificarea lucrărilor de prospectare și explorare în vederea descoperirii de noi surse de materii prime.

Creșteri importante se prevăd în toate ramurile economiei naționale, atingîndu-se nivele ridicate de producție. La o serie de produse industriale se vor obține următoarele nivele în anul 1965 față de 1959 : la energie electrică de 2,7 ori, la cărbune extras de 1,4—1,6 ori, la oțel de 2,3 ori, la tractoare de 2,3 ori, la motoare electrice de 2,4 ori, la mase plastice și rășini sintetice de peste 16 ori, la țesături de peste 1,9 ori, la zahăr de peste 1,9 ori etc.

Planul economic pe anii 1960—1965 va asigura în continuare desfășurarea armonioasă a întregii economii, dezvoltînd în continuare industria grea cu pivotul ei industria constructoare de mașini. Sporirea venitului național ca urmare a dezvoltării economiei naționale va duce la asigurarea fondului de acumulare necesar reproducției socialiste lărgite și la creșterea fondului de consum în vederea ridicării continue a nivelului de trai al oamenilor muncii.

•

Sarcini deosebit de importante revin în lupta pentru îndeplinirea tuturor obiectivelor planului de 6 ani muncitorilor din sectorul energetic, care vor trebui să dea în anul 1965—18 500 milioane kWh energie electrică, față de 6 824 milioane kWh în 1959.

Producția de energie electrică va trebui să crească într-un ritm mai rapid decît ansamblul industriei, astfel încît să satisfacă necesitățile tuturor ramurilor economiei și să asigure introducerea și dezvoltarea tehnicii noi, prin electrificarea, mecanizarea și automatizarea proceselor de producție.

Proiectul de directive ale Congresului al III-lea al P.M.R. prevede ca puterea nouă ce se va instala în centralele electrice în perioada 1960—1965 să fie de 2 380 MW și anume : 540 MW prin amplificarea unor centrale existente (Borzești, Paroșeni, Grozăvești și altele) și cu 1 840 MW în centrale noi (Bicaz, Ploești, Ludus, Craiova, Oradea, Tg. Mureș, Iași și altele).

Din totalul puterii ce se va instala în centralele termoelectrice peste 50% va fi bazată pe termoficare. De asemenea prin concentrarea producției de energie electrică și termică, prin instalarea de agregate mari și cu caracteristici tehnice moderne, se va reduce consumul specific de combustibil în centralele electrice cu abur, iar investiția specifică medie pe kW instalat în aceste centrale va scădea cu aproximativ 30%.

Sistemul electro-energetic național se va dezvolta corespunzător creșterii puterii instalate în centralele electrice, prin extinderea rețelelor de transport și de distribuție. Pînă în anul 1965 se vor construi peste 23 000 km linii electrice de transport din care circa 750 km linii electrice de transport de tensiune foarte înaltă, circa 2 500 km linii de 110 kV și peste 20 000 km linii de 6 kV, de 15 kV și 35 kV ; din acestea din urmă peste 50% se vor realiza în cadrul acțiunii de electrificare pentru nevoile agriculturii.

O atenție deosebită se va acorda producției de utilaje energetice care va crește de 3,5 ori. În același timp producția de motoare cu ardere internă va crește de 4 ori, introducîndu-se în fabricație noi grupe de motoare moderne, de benzină și Diesel.

Planul de 6 ani va constitui prima etapă a programului de dezvoltare a economiei națioanle pînă în anul 1975, a cărui schiță s-a întocmit pe baza studiilor efectuate în ultimii doi ani. Acest vast program preconizează realizarea unui asemenea belșug de producție care să permită ridicarea bunăstării poporului muncitor la nivelul celor mai avansate țări din lume.

Proiectul de Directive arată că producția industrială în următorii 15 ani va crește de peste 6 ori față de anul 1959, producția ajungînd la un nivel de peste 26 ori mai mare decît în 1938.

Dezvoltarea în acest ritm a economiei naționale impune în primul rînd lărgirea bazei energetice și electrificarea întregii țări. De aceea un rol determinant în introducerea progresului tehnic în toate ramurile economiei, în mecanizarea și automatizarea producției, în realizarea unui nivel înalt de productivitate îl are electrificarea țării.

Astfel, se prevede creșterea producției de energie electrică de circa 10 ori pînă în 1975 — de la 6,8 miliarde kWh în 1959 la 65—70 miliarde kWh. Creșterea aceasta va asigura industriei mai multă energie electrică, permițînd totodată introducerea pe scară largă a proceselor tehnologice moderne, electrificarea agriculturii, a căilor ferate, precum și a orașelor și satelor noastre.

•

Realizarea acestui ritm de creștere a producției de energie electrică se face în special pe seama unor agregate termo-energetice de mare putere, cu parametri foarte înalți care situează energetica noastră la nivelul țărilor avansate.

Proiectarea, construcția și exploatarea acestor agregate ridică probleme tehnice noi legate de materialele speciale utilizate, gradul de automatizare foarte înalt, principii moderne pentru tratarea apei de alimentare, răcirea generatorilor etc.

Termoficarea industrială formează o caracteristică esențială a dezvoltării energeticii din viitorii 6 ani, permițînd alimentarea cea mai economică a marilor combinate chimice ce se construiesc pe lîngă centralele electrice. În paralel se dezvoltă rețeaua de termoficare urbană, asigurîndu-se pe această cale căldura necesară pentru o bună parte din marile construcții de locuințe din orașele țării noastre.

Deosebit de importantă este munca energeticienilor noștri din centralele existente. Experiența a arătat că există încă rezerve importante atît în privința creșterii puterii instalate prin eliminarea strangulărilor, cît mai ales în direcția reducerii consumurilor specifice — prin modernizarea acestor instalații. Ciclurile termice mai pot fi îmbunătățite, necesitînd însă o preocupare intensă și un studiu minuțios.

Un rol important revine muncii de întreținere a utilajului existent, cunoscînd faptul că în paralel cu instalarea de noi unități se prevede o importantă creștere a orelor de utilizare a echipamentului. Această sarcină presupune o mai bună organizare a muncii de reparație, o îmbunătățire calitativă a lucrărilor, fapt care să permită lungirea intervalului de funcționare între două reparații.

Evacuarea din centrele de producție a cantităților mari de energie ale noilor centrale termoelectrice presupune existența unor linii de transport de tensiuni superioare celor existente și a unor stații de transformare corespunzătoare, cu un înalt grad de automatizare.

Creșterea productivității muncii în industria energetică pune în fața conducătorilor de unități sarcina analizei temeinice a fiecărui loc de muncă, introducerea curajoasă a automatizărilor în paralel cu preocuparea continuă în scopul realizării dispozitivelor de mică mecanizare. În mod special trebuie îndreptată atenția asupra automatizărilor și telemecanizărilor stațiilor de transformare, care se pretează la funcționarea fără personal. În acest scop o atenție deosebită trebuie acordată îmbunătățirii instalațiilor de protecție prin relee, odată cu preocuparea pentru funcționarea corectă a întreruptoarelor din stațiile de conexiuni și transformare în scopul selectării corecte a elementelor avariate.

Dezvoltarea continuă a sistemului energetic, interconectarea tuturor centralelor izolate, interconectarea cu sistemele energetice ale altor țări prietene necesită dotarea punctelor de dispecing regionale și a celui național cu echipamente de telemăsură, telesemnalizare, telefonie și reglaj frecvență-putere la cel mai înalt nivel al tehnicii mondiale.

Valorile din ce în ce mai mari ale energiilor folosite în cadrul sistemului interconectat presupune introducerea de noi metode privind urmărirea și repartizarea acestor energii astfel încît pe ansamblul sistemului să se obțină o funcționare cu cea mai mare economicitate.

*

Asigurarea dezvoltării forțelor de producție în ritmul și la nivelul prevăzut se va face prin extinderea investițiilor în toate ramurile economiei naționale. Pentru perioada 1960 — 1965 se prevede un volum de investiții din fondurile statului de 170—180 miliarde lei, de circa 2 ori mai mult decît în perioada 1954—1959. Productivitatea muncii va atinge în următorii 6 ani un nivel cu 60—65% mai mare — socotit pe cap de salariat — față de anul 1959, iar prețul de cost în industria republicană se va reduce cu 15—16%.

Îndeplinirea acestor măreție obiective cere concentrarea eforturilor creatoare ale tuturor lucrătorilor din sectorul energetic pentru folosirea cît mai judicioasă a capacității lor de muncă, pentru sporirea producției și a productivității muncii, pentru reducerea prețului de cost, obiectiv de cea mai mare importanță pentru sporirea acumulărilor socialiste.

Conducătorii unităților socialiste din sectorul energetic, sub îndrumarea organizațiilor de partid, vor trebui să acorde o atenție sporită gospodăririi socialiste în întreprinderi urmărind buna organizare a activității pe întreg parcursul procesului de muncă.

Succesele strălucite dobîndite pînă în prezent de poporul muncitor, ca și perspectivele largi ce se deschid în fața lui, oglindesc justețea liniei partidului, precum și înalta valoare a învățăturii marxist-leniniste despre industrializarea socialistă.

Întîmpinarea Congresului al III-lea al partidului cu realizări de frunte, participarea avîntată a tuturor categoriilor de salariați din patria noastră în întrecerea socialistă au arătat atașamentul oamenilor muncii față de politica partidului, hotărîrea lor de a munci cu avînt și abnegație pentru construirea socialismului. Această participare însuflețită va contribui în același timp la întărirea lagărului socialist, la obținerea victoriei în întrecerea pașnică cu capitalismul, la întărirea păcii în lumea întreagă.

Funcţionarea în două faze a liniilor trifazate de înaltă tensiune cu neutrul pus direct la pămînt

Ing. VLAD RĂDULESCU

Consideraţii generale

Dezvoltarea continuă a industriilor bazate pe electrificare impune sistemelor electrice, alimentînd aceste industrii, sisteme cuprinzînd aproape în unanimitate reţele electrice trifazate, cerinţe din ce în ce mai severe de siguranţă şi mai ales de continuitate de funcţionare.

Totodată însă, calitatea producţiei industriale depinde direct de calitatea energiei electrice cu care sînt alimentate industriile, calitate definită printr-o menţinere cît mai constantă, atît a frecvenţei curentului alternativ, cît şi a nivelului de tensiune la consumatori.

În industrii, motoarele electrice trifazate, participînd în procesul de producţie, trebuie să pornească repede şi sigur şi să se rotească la viteza lor nominală, sau în limitele de variaţie care li se prescrie prin procesul tehnologic la care participă, ştiindu-se că o viteză redusă a acestor motoare poate duce la reduceri importante în debitul producţiei industriale. Aceste condiţii de regularitate a debitului producţiei sînt asigurate printr-o calitate corespunzătoare a energiei electrice, aşa cum s-a arătat mai sus, la o frecvenţă şi o tensiune constantă, putîndu-se menţine şi o viteză constantă, variaţiile necesare ale acesteia putînd fi obţinute prin diferite dispozitive depinzînd de motoarele înseşi. Totuşi, condiţiile de bază ale unei productivităţi maxime în industrie rămîn cele menţionate la început : siguranţă şi continuitate în funcţionarea sistemelor şi receptoarelor electrice, condiţii care constau în eliminarea cît mai completă a avariilor şi deranjamentelor, care conduc la întreruperi în alimentările cu energie electrică şi la deteriorarea echipamentelor industriale, mult mai păgubitoare ca lipsurile în calitatea energiei electrice livrate.

O defecţiune frecventă în reţelele electrice trifazate constă în întreruperea unei faze, situaţie în care receptoarele monofazate, legate între fazele rămase în funcţiune şi neutrul circuitului respectiv, rămîn în funcţiune, suportînd tensiuni mărite peste cea nominală sau reduse dedesubtul acesteia, după caz. De asemenea, cuptoarele electrice trifazate, cu reglaj automat al curentului pe fază, continuă să funcţioneze, cu randament scăzut.

Cu totul altfel se pune problema pentru motoarele electrice asincrone trifazate, care, în cazul întreruperii unei faze a circuitului de alimentare, riscă să fie arse, dacă nu se întrerupe într-un timp foarte scurt acest circuit, printr-o protecţie adecvată.

Fenomenul se explică uşor, cu ajutorul teoriei componentelor simetrice.

Într-adevăr, dacă se notează cu $\dot{I}_A$, $\dot{I}_B$ şi $\dot{I}_C$ curenţii pe cele trei faze ale unui circuit trifazat şi cu $\dot{I}_d$, $\dot{I}_i$ şi $\dot{I}_h$ componentele simetrice de secvenţă directă, inversă şi homopolară, într-un sistem de vectori trifazat dezechilibrat, se ştie că relaţiile între aceşti curenţi sînt date de sistemul de ecuaţii :

$$\left.\begin{aligned} \bar{I}_A &= \bar{I}_h + \bar{I}_d + \bar{I}_i \\ \bar{I}_B &= \bar{I}_h + a^2 \cdot \bar{I}_d + a \cdot \bar{I}_i \\ \bar{I}_C &= \bar{I}_h + a \cdot \bar{I}_d + a^2 \cdot \bar{I}_i \end{aligned}\right\} \qquad (1)$$

în care, în cazul cînd punctul neutru al circuitului trifazat este izolat, caz normal al circuitelor în care se racordează motoarele electrice, $\bar{I}_h = 0$.

Dacă se consideră totodată întreruptă faza A, rezultă simultan şi $\bar{I}_A = 0$ şi prima ecuaţie din sistemul (1) devine

$$\bar{I}_d + \bar{I}_i = 0, \quad \text{sau încă} \quad \bar{I}_d = -\bar{I}_i \qquad (2)$$

Curentul de secvenţă inversă I_i, absorbit de un motor electric, dă naştere unui cîmp învîrtitor de sens contrar celui normal şi care se roteşte, în raport cu acesta din urmă, cu dublul vitezei de sincronism. Corespunzător se produce şi un cuplu invers, care prin rotirea în sens invers celui normal, frînează motorul. Cum însă cuplul rezistent al motorului, cerut de maşina utilă antrenată de motor, nu este influenţat de rămînerea acestuia în două faze, acesta îşi menţine valoarea, în timp ce cuplul motor este redus, prin apariţia cuplului invers. Motorul electric îşi încetineşte mersul şi absoarbe un curent mai mare din reţea, pe fazele rămase întregi, crescînd simultan şi curenţii rotorici. Dacă se ţine seamă şi de încălzirea suplimentară dată de curentul de secvenţă inversă, care creşte odată cu curentul direct, absorbit, se vede că, dacă nu intervine urgent o deconectare automată, înfăşurarea motorului se arde şi motorul se opreşte.

Dacă se defineşte *dezechilibrul de curent* într-un motor electric, prin raportul modulelor vectorilor $\bar{I}_i$ şi $\bar{I}_d$, exprimat în procente :

$$d_i = 100 \frac{I_i}{I_d} \, (\%) \qquad (3)$$

rezultă din ecuaţia (2) că, în cazul întreruperii unei faze, în funcţionarea unui motor electric

dezechilibrul este de 100%, situație în care motorul nu poate funcționa și trebuie deconectat automat.

În mod analog, în cazul întreruperii fazei A, rezultă că se anulează și tensiunea pe faza respectivă a motorului, $\overline{U}_A = 0$; dacă în sistemul de ecuații (1) se înlocuiesc vectorii curenți prin vectori tensiune, rezultă, în mod analog ca mai sus:

$$\overline{U}_d = -\overline{U}_i \qquad (4)$$

În fine, dacă se definește *disimetria de tensiuni* în motor, prin raportul modulelor vectorilor $\overline{U}_i$ și $\overline{U}_d$, exprimat în procente:

$$d_u = 100\,\frac{U_i}{U_d}\,(\%) \qquad (3')$$

disimetria de tensiuni la bornele acestui receptor este de 100% în cazul întreruperii unei faze, situație în care motorul nu poate funcționa, riscînd a se arde.

Pe de altă parte, dacă în circuitul trifazat respectiv sistemele de vectori tensiune și curent sînt perfect echilibrate, $\overline{U}_i = 0$ și $\overline{I}_i = 0$, de unde rezultă că dezechilibrul de curent, respectiv disimetria de tensiuni, într-un asemenea circuit sînt egale cu zero.

În anumite situații anormale, produse în ansamblul sistemului electric, din care se alimentează motoarele electrice, se pot produce disimetrii de tensiuni variind între zero și 100%, ca și dezechilibre de curent.

Pe de altă parte, experiența a arătat că motoarele electrice trifazate pot funcționa fără inconveniente, cu disimetrii de tensiune pînă la maximum 10% și cu un dezechilibru de curent corespunzător, de maximum 30 ÷ 35%. Limita de 10% corespunde la limită posibilității motorului electric de a mai porni încă, în regim disimetric de tensiuni, întrucît de regulă, la disimetrii mai pronunțate, cuplul invers echilibrează sau depășește cuplul direct de pornire și motorul nu mai poate porni.

În ceea ce privește dezechilibrul de curent, el poate fi de asemenea suportat fără inconveniente, de către motoarele electrice trifazate asincrone, cu condiția ca dintre cei trei curenți inegali ca module I_A, I_B și I_C, pe cele trei faze ale unui motor, cel mai mare să nu depășească valoarea curentului nominal pe fază.

Totuși, în condiții avantajoase de răcire, la temperaturi scoborîte sau în cazul motoarelor cu cicluri de funcționare de scurtă durată, valoarea curentului maxim citat poate depăși valoarea curentului nominal, cu pînă la 30% din curentul nominal, dacă însă curenții pe celelalte două faze rămîn dedesubtul valorii curentului nominal. În felul acesta, chiar și în funcționare disimetrică, un motor electric poate asigura un cuplu motor aproape egal cu cel nominal.

În ceea ce privește *mașinile electrice sincrone* (generatoare, compensatoare sincrone sau motoare sincrone), în acestea se produc curenți inegali pe faze, dacă ele funcționează în sisteme trifazate dezechilibrate. Acești curenți se descompun în componente simetrice, din care cea homopolară este nulă, întrucît și aceste mașini funcționează de regulă cu punctul neutru izolat și astfel circuitul curentului homopolar nu se poate închide.

În aceste mașini, curentul de secvență inversă, produs sau absorbit în stator, dă naștere unui flux învîrtitor invers celui normal, care induce un curent corespunzător în rotor. În felul acesta se produc încălziri suplimentare în stator și mai ales în rotor. Experiența a arătat însă că aceste încălziri nu sînt periculoase, atîta timp cît dezechilibrul de curenți în stator, definit ca mai sus, nu depășește 5% la plină sarcină și corespunzător căruia nu se produc diferențe sensibile în căderile de tensiune interne din mașini.

Bineînțeles că la sarcini dedesubtul celei nominale, mașinile sincrone pot funcționa și la valori mai mari ale dezechilibrului de curent, determinate în mod experimental prin urmărirea temperaturilor în diferite puncte ale rotorului, unde se produc încălziri locale mai accentuate și prin care nu trebuie să se depășească temperaturile admisibile, pentru materialele izolante învecinate.

Un alt criteriu de apreciere a dezechilibrului în generatoare, compensatoare și motoare sincrone și în care intervine și curentul nominal al acestora, îl constituie raportul

$$\Delta = \frac{I_{max} - I_{min}}{I_n} \cdot 100\,(\%) \qquad (5)$$

în care:

- I_{max} reprezintă curentul eficace cu modulul cel mai mare, produs (absorbit) într-una din fazele statorului;
- I_{min} — curentul eficace cu modulul cel mai mic, produs (absorbit) simultan într-o altă fază a statorului;
- I_n — curentul nominal eficace al mașinii.

Se recomandă ca Δ să nu depășească valoarea de 10%, pentru generatoare cuplate cu turbine cu abur sau cu gaze, sau cu motoare Diesel, respectiv valoarea de 20%, în cazul hidrogeneratoarelor.

Desigur că, de la caz la caz, generatoarele pot funcționa fără pericol și cu dezechilibre mai pronunțate; este însă prudent să nu se depășească valorile arătate mai sus pentru dezechilibru, adică 5% după criteriul componentei de secvență inversă și de 10% după criteriul exprimat prin relația (5), spre a se evita în special avariile în generatoare, foarte păgubitoare prin limitările la care conduc, în alimentarea consumatorilor de energie electrică.

Dacă totuşi, în anumite cazuri de avarii, este neapărată nevoie ca maşinile sincrone să funcţioneze la valori mai mari ale dezechilibrelor de curent, sarcina acestora trebuie redusă sub cea nominală, după criterii care se stabilesc de regulă prin experimentare.

Posibilităţi de funcţionare a sistemelor trifazate, cu o fază întreruptă

Inconvenientele ce apar în funcţionarea motoarelor electrice asincrone trifazate, în cazul ruperii unei faze care le alimentează direct şi care se traduc prin scoaterea lor din circuit, sînt de o importanţă economică redusă, întrucît un circuit alimentează de regulă direct cel mult cîteva motoare. Totodată, astfel de circuite sînt de regulă montate în interior şi constituite din conductoare izolate, montate în ţevi sau din cabluri subterane, pe distanţe relativ scurte şi în care întreruperea unei faze este un fenomen rar. În cazurile cînd motoarele electrice sînt legate la circuite aeriene (cazul şantierelor petrolifere şi miniere, şantierelor de construcţii, irigaţiilor etc.) sînt probabile ruperi de conductoare, din suprasarcini produse de vînt şi de chiciură. În aceste cazuri însă, porţiunile relativ scurte de circuit sînt ţinute continuu sub observaţie şi atunci cînd nu se admite întreruperea lor, motoarele electrice se prevăd cu posibilitatea de alimentare din două circuite (din două surse) diferite.

Circuitele de alimentare directă sînt la rîndul lor alimentate de regulă dintr-o reţea de medie tensiune, compusă din linii de întindere relativ redusă şi amplasate de regulă în zone populate, în care avariile produse se pot remedia în timp relativ scurt.

Cele mai expuse la avarii sînt *liniile de transport de energie electrică*, legînd marile centrale electrice cu centrele de consumaţie importante, respectiv cu reţelele de medie tensiune şi care se întind pe lungimi mari şi prin terenuri greu accesibile în anumite anotimpuri ceea ce conduce la timpi foarte lungi de întrerupere, în caz de avarii.

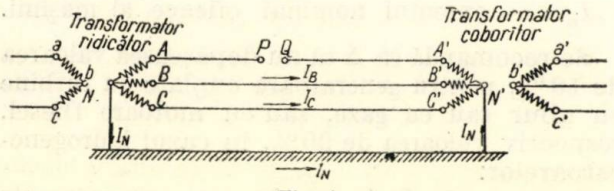


Fig. 1.

La noi în ţară există în prezent, în această categorie, linii de 110 kV, urmînd a se construi în curînd şi linii de 220 kV tensiune nominală, linii legate la extremităţi în stea prin înfăşurarea de 110 sau 220 kV, iar *punctul neutru al acestor înfăşurări se leagă direct la pămînt* pentru motive de simplificare a protecţiei liniilor şi reducerii izolaţiei lor.

În cazul defectării unei faze pe o asemenea linie, aceasta se deconectează separat, automat, şi linia poate continua să funcţioneze în două faze cu curent de întoarcere prin pămînt, ceea ce este compatibil cu funcţionarea pe mai departe a consumatorilor alimentaţi, afectaţi numai de o disimetrie de tensiune în limite admisibile, după cum se arată în cele ce urmează.

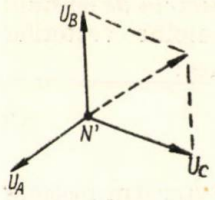


Fig. 2.

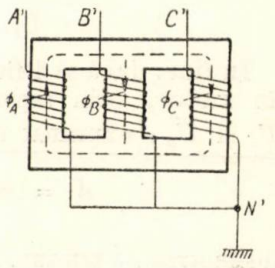


Fig. 3.

Fie o linie de transport de energie electrică, care pentru fixarea ideilor se presupune la tensiunea nominală de 110 kV, montată în cea mai simplă schemă posibilă, adică în bloc cu un transformator ridicător de tensiune la un capăt şi tot în bloc cu un transformator scoborîtor de tensiune la celălalt capăt (fig. 1).

Admiţînd faza A întreruptă între punctele P şi Q şi făcînd abstracţie de curentul capacitiv al liniei, rezultă, în primul rînd, $\dot{I}_A = 0$. Pe de altă parte, curenţii $\dot{I}_B$ şi $\dot{I}_C$ de pe celelalte două faze se echilibrează cu curentul $\dot{I}_N$, care se închide prin cele două puncte neutre N şi N' şi prin pămînt. Acest din urmă curent este totodată egal cu suma curenţilor homopolari din conductorii liniei, care au aceeaşi fază în fiecare din conductoare, conform definiţiei curenţilor citaţi. Diagrama vectorială a curenţilor în linie este cea arătată în fig. 4.

Trebuie de la început observat faptul că, deşi pe faza A curentul este zero în transformatorul scoborîtor, *există totuşi tensiune pe faza A' N' de pe partea de înaltă tensiune a acestuia.* Într-adevăr, curenţii $\dot{I}_B$ şi $\dot{I}_C$ dau în sîmburii transformatorului scoborîtor, pe care sînt înfăşurate fazele B şi C de înaltă tensiune, fluxurile Φ_B şi Φ_C, care dau împreună un flux rezultant Φ_A, închizîndu-se prin sîmburele corespunzător fazei A. (fig. 3).

În consecinţă, în sîmburele menţionat, fluxul Φ_A *induce* o tensiune, atît în înfăşurarea primară, cît şi în cea secundară corespunzătoare fazei A, tensiunea U_A fiind în echilibru cu rezultanta tensiunilor aplicate fazelor B şi C, diagrama tensiunilor fiind cea arătată în fig. 2. Rezultă de aici că în înfăşurarea de înaltă tensiune a transformatorului scoborîtor este prezent un singur sistem trifazat dezechilibrat, care determină în partea de joasă tensiune a transformatorului scoborîtor un sistem

de trei tensiuni inegale, formînd un sistem dezechilibrat. În acest mod, la bornele de joasă tensiune ale transformatorului scoborîtor se obține o *disimetrie de tensiuni* care se poate menține în limite admisibile pentru funcționarea motoarelor electrice trifazate alimentate, în funcție de sarcina liniei de transport rămasă în două faze.

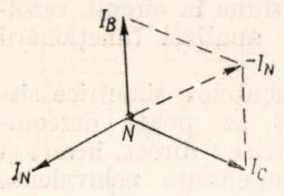


Fig. 4.

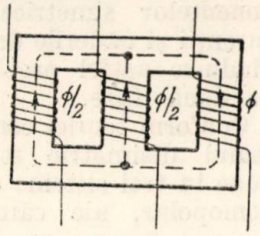


Fig. 5.

Dacă atît linia de transport cît și transformatorul scoborîtor ar fi perfect simetrice, curenții $\dot{I}_B$ și $\dot{I}_C$ ar fi egali și, în consecință, și tensiunile reprezentate în fig. 2 ar forma un sistem simetric. În realitate însă, curenții sînt inegali, iar tensiunile U_A, U_B și U_C au valori diferite, tensiunea cea mai mică fiind în orice caz U_A.

O consecință a celor arătate mai sus constă în faptul că în timp ce în linia de transport curentul pe faza A este zero, pe linia de medie tensiune alimentată prin transformatorul scoborîtor, curentul în secundar pe faza A' va fi diferit de zero, la fel ca și pe celelalte două faze. De asemenea, după cum se va arăta mai departe, dacă înfășurarea de joasă tensiune a transformatorului este legată în triunghi, disimetria de tensiune se mai reduce încă și dacă pînă la circuitul de alimentare al motoarelor electrice se mai interpune încă un transformator cu conexiuni stea-triunghi, de la medie la joasă tensiune, disimetria încă se mai reduce. În concluzie, o linie de transport de energie de înaltă tensiune poate funcționa un timp nedefinit, fără să conducă la inconveniente sensibile în funcționarea consumatorilor alimentați de această linie, cu condiția ca sarcina transportată pe aceasta să rămînă în anumite limite, după cum se va arăta mai departe.

Dacă se întrerupe o fază a unei linii de medie tensiune, cu neutrul izolat, dacă $\dot{I}_A = 0$ și întrucît s-a arătat că într-un asemenea circuit $\dot{I}_h = 0$, din prima ecuație a sistemului (1) rezultă $\dot{I}_d = -\dot{I}_i$, adică un dezechilibru de curent de 100%.

În transformatorul scoborîtor, de la medie la joasă tensiune, repartiția fluxurilor va fi aceea din fig. 5, iar corespunzător acestei situații, în circuitul de joasă tensiune relația între curenți va fi:

$$\dot{I}_a = \dot{I}_b = \frac{\dot{I}_c}{2}, \qquad (6)$$

Or, cu ajutorul componentelor simetrice se poate demonstra ușor că:

$$\dot{I}_d = \dot{I}_i \qquad (7)$$

relație valabilă între modulele vectorilor respectivi.

De aici rezultă din nou:

$$d_i = \frac{\dot{I}_i}{\dot{I}_d} 100 = 100$$

adică un dezechilibru de 100%. Deci, dezechilibrul de curent și totodată de tensiune, de 100%, datorit întreruperii unui conductor pe o linie de medie tensiune, nu este ameliorat prin transformarea de la medie la joasă tensiune și deci, într-un asemenea caz motoarele electrice nu vor putea funcționa. De aici se trage concluzia că nu prezintă interes funcționarea în două faze a liniilor de medie tensiune cu neutrul izolat. În schimb însă, liniile de medie tensiune au un cost de instalare mai redus și deci, în cazul unor consumatori care nu suportă întreruperi, se poate recurge mai ușor la duble alimentări din asemenea linii.

În concluzie, funcționarea în două faze nu prezintă interes decît pentru liniile de transport de energie de înaltă tensiune cu neutrul legat direct la pămînt, caz care va fi detaliat în cele ce urmează.

Teoria funcționării în două faze a unei linii de înaltă tensiune cu neutrul legat direct la pămînt

Fie un circuit trifazat cu o fază întreruptă, conform fig. 6. Prima condiție care rezultă din această situație este $\dot{I}_A = 0$. Totodată, se consideră două secțiuni prin circuitul trifazat, în

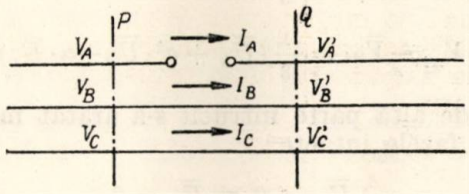


Fig. 6.

punctele P și Q, de o parte și de alta a locului de defect (de întrerupere).

Se obține astfel următorul sistem de ecuații, scriind diferențele de potențial între P și Q, pe fiecare fază:

$$\left.\begin{aligned} &\text{Pe faza } A: \ \overline{V}_A - \overline{V}'_A = \overline{U}_A \\ &\text{Pe faza } B: \ \overline{V}_B - \overline{V}'_B = \overline{U}_B = 0 \\ &\text{Pe faza } C: \ \overline{V}_C - \overline{V}'_C = \overline{U}_C = 0 \end{aligned}\right\} \qquad (8)$$

Admițînd punctele P și Q suficient de apropiate între ele, căderile de tensiune în conductoarele respective între punctele menționate sînt foarte mici și pot fi deci considerate egale cu zero, în timp ce căderea de tensiune în locul de defect, $\overline{U}_A$ este, în orice caz, diferită de zero.

Pentru a se preciza funcționarea în două faze a circuitului trebuie determinate componentele simetrice ale căderii de tensiune $\overline{U}_A$ la locul de defect. Pentru aceasta se utilizează relațiile date de teoria componentelor simetrice și care exprimă vectorii: homopolar direct și invers, în funcție de vectorii corespunzători de pe cele trei faze:

$$\left.\begin{aligned} \overline{U}_h &= \frac{1}{3}(\overline{U}_A + \overline{U}_B + \overline{U}_C) \\ \overline{U}_d &= \frac{1}{3}(\overline{U}_A + a\cdot\overline{U}_B + a^2\cdot\overline{U}_C) \\ \overline{U}_i &= \frac{1}{3}(\overline{U}_A + a^2\cdot\overline{U}_B + a\cdot\overline{U}_C) \end{aligned}\right\} \qquad (9)$$

Pe de altă parte componentele simetrice ale căderii de tensiune între punctele P și Q nu se pot defini decît pe faza A, întrucît pe celelalte două faze căderile de tensiune, între punctele citate, sînt nule. Dacă totodată se scriu căderile de tensiune sub forma diferențelor între potențialele punctelor P și Q pe toate trei fazele, sistemul (9) capătă următoarea formă:

$$\overline{U}_{Ah}=\overline{V}_{Ah}-\overline{V}'_{Ah}=\frac{1}{3}(\overline{V}_A+\overline{V}_B+\overline{V}_C)-\frac{1}{3}(\overline{V}'_A+$$

$$+\overline{V}'_B+\overline{V}'_C)=\frac{1}{3}[(\overline{V}_A-\overline{V}'_A)+(\overline{V}_B-\overline{V}'_B)+$$

$$+(\overline{V}_C-\overline{V}'_C)]=\frac{1}{3}(\overline{U}_A+\overline{U}_B+\overline{U}_C) \qquad (10)$$

$$\overline{U}_{Ad}=\overline{V}_{Ad}-\overline{V}'_{Ad}=\frac{1}{3}(\overline{U}_A+a\cdot\overline{U}_B+a^2\cdot\overline{U}_C) \qquad (10')$$

$$\overline{U}_{Ai}=\overline{V}_{Ai}-\overline{V}'_{Ai}=\frac{1}{3}(\overline{U}_A+a^2\cdot\overline{U}_B+a\cdot\overline{U}_C) \qquad (10'')$$

Pe de altă parte întrucît s-a arătat mai sus că pe fazele intacte:

$$\overline{U}_B=0 \text{ și } \overline{U}_C=0$$

sistemul de ecuații de mai sus se reduce la forma:

$$\overline{U}_{Ah}=\overline{U}_{Ad}=\overline{U}_{Ai}=\frac{1}{3}\overline{U}_A. \qquad (11)$$

Totodată, din prima ecuație a sistemului (1) rezultă relația:

$$\overline{I}_{Ad}=-(\overline{I}_{Ai}+\overline{I}_{Ah}). \qquad (12)$$

Ecuațiile (11) și (12) caracterizează funcționarea în două faze a unui circuit trifazat și anume cu neutrul legat direct la pămînt, întrucît numai pentru un astfel de circuit s-a arătat mai înainte că $\overline{I}_{Ah}\neq 0$ și $\overline{U}_{Ah}\neq 0$, putîndu-se obține la capătul liniei dinspre consumatori, disimetrii de tensiuni cu mult inferioare valorii de 100%.

Ecuațiile (11) și (12) determină modul de întocmire al schemei echivalente a circuitului, cuprinzînd impedanțele corespunzătoare componentelor simetrice, cu care se calculează curenții și căderile de tensiune în circuit, rezolvîndu-se astfel problema analizei funcționării în două faze.

Conform teoriei componentelor simetrice sistemul disimetric studiat se poate descompune în trei sisteme simetrice: direct, invers și homopolar, ale căror impedanțe echivalente se notează respectiv cu $\overline{Z}_d$, $\overline{Z}_i$ și $\overline{Z}_h$ și se conectează între ele în mod diferit, după natura disimetriei din sistem.

În cazul sistemului funcționînd în două faze, cu neutrul legat la pămînt ecuațiile (11) și (12) indică acest mod de conectare, și anume, rezultă din ele că *impedanța homopolară și cea inversă, conectate în paralel se leagă între punctele de rupere a fazei A, adică între P și Q, ansamblul lor fiind intercalat în serie în impedanța directă*, care de fapt este impedanța normală a sistemului, în cazul cînd ar funcționa în regim simetric. Într-adevăr, pentru faza A, ecuația (11) arată că $\overline{Z}_{Ah}$, pe care se produce căderea de tensiune $\overline{U}_{Ah}$ și $\overline{Z}_{Ai}$ pe care se produce căderea de tensiune $\overline{U}_{Ai}$, sînt conectate în paralel, fiindcă $\overline{U}_{Ah}=\overline{U}_{Ai}$. Totodată, faptul că ambele căderi de tensiune citate sînt egale cu $\overline{U}_{Ad}$ arată că ansamblul impedanțelor $\overline{Z}_{Ai}$ și $\overline{Z}_{Ah}$ este intercalat în impedanța de secvență directă, între ale cărei puncte P și Q se produce căderea de tensiune $\overline{U}_{Ad}$.

În fine, ecuația (12) arată același lucru, din moment ce curentul de secvență directă — presupus că străbate impedanța directă — este egal și de sens contrar cu suma curenților $\overline{I}_{Ai}$ și $\overline{I}_{Ah}$, presupuși că străbat impedanțele $\overline{Z}_{Ah}$, respectiv $\overline{Z}_{Ai}$.

Conform principiilor expuse mai sus, întrucît se poate scrie:

$$\overline{U}_{Ah}=\overline{I}_{Ah}\cdot\overline{Z}_{Ah} \text{ și } \overline{U}_{Ai}=\overline{I}_{Ai}\cdot\overline{Z}_{Ai} \qquad (13)$$

și întrucît $\overline{U}_{Ah}=\overline{U}_{Ai}$ rezultă:

$$\overline{I}_{Ah}=\overline{I}_{Ai}\cdot\frac{\overline{Z}_{Ai}}{\overline{Z}_{Ah}}. \qquad (14)$$

Înlocuind această expresie în ecuația (12) aceasta din urmă devine:

$$\overline{I}_{Ad}=-(\overline{I}_{Ai}+\overline{I}_{Ah})=-\overline{I}_{Ai}-\overline{I}_{Ai}\frac{\overline{Z}_{Ah}}{\overline{Z}_{Ah}}=$$

$$=-\overline{I}_{Ai}\cdot\frac{\overline{Z}_{Ah}+\overline{Z}_{Ai}}{\overline{Z}_h} \qquad (15)$$

de unde rezultă relația:

$$\bar{I}_{Ai} = -\frac{\bar{Z}_{Ah}}{\bar{Z}_{Ah}+\bar{Z}_{Ai}}\cdot\bar{I}_{Ad}. \qquad (16)$$

În mod analog, explicitînd în relația (14) pe $\bar{I}_{Ai}$ în funcție de $\bar{I}_{Ah}$ și înlocuind în relația (12), se obține:

$$\bar{I}_{Ad} = -(\bar{I}_{Ai}+\bar{I}_{Ah}) = -\bar{I}_{Ah} - \frac{\bar{Z}_{Ah}}{\bar{Z}_{Ai}} =$$

$$= -\bar{I}_{Ah}\cdot\frac{\bar{Z}_{Ah}+\bar{Z}_{Ai}}{\bar{Z}_{Ai}} \qquad (17)$$

și în fine:

$$\bar{I}_{Ah} = \frac{\bar{Z}_{Ai}}{\bar{Z}_{Ah}+\bar{Z}_{Ai}}\cdot\bar{I}_{Ad}. \qquad (18)$$

Relațiile (16) și (18) servesc la calcularea curenților de secvență inversă și homopolară, cînd se cunoaște curentul de secvență directă.

Se precizează totodată că indicele A cu care s-au notat acești curenți, în relațiile citate, a servit numai la fixarea ideilor, întrucît modulul vectorului fiecăruia din acești curenți este același pe toate fazele, putînd fi notat cu I_i, respectiv I_d. La fel în loc de $\bar{Z}_{Ah}$ și $\bar{Z}_{Ai}$, se poate scrie Z_h și Z_i.

Curentul direct (*de secvență directă*) se determină, conform celor de mai sus, din relația:

$$\bar{I}_d = \frac{\bar{E}}{\bar{Z}_d + \frac{\bar{Z}_i\cdot\bar{Z}_h}{\bar{Z}_i+\bar{Z}_h}} \qquad (19)$$

în care E este tensiunea electromotoare aplicată sistemului studiat.

Odată determinat $\bar{I}_d$, se deduc cu ajutorul relațiilor (16) și (18) curenții de secvență inversă și homopolară și dezechilibrul de curent, iar apoi se calculează căderile de tensiune și pe baza acestora disimetria de tensiuni.

Aplicarea în practică a teoriei funcționării în două faze a unei linii de înaltă tensiune, cu neutrul legat direct la pămînt

A) *Schema cea mai simplă* în care se poate încadra o linie de tipul celei studiate este redată

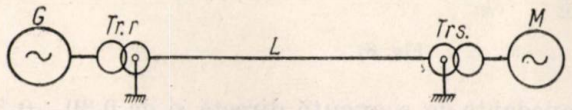


Fig. 7.

în fig. 7, în care este schițat un generator electric G, debitînd în linie prin transformatorul ridicător de tensiune *Tr.r*, iar drept consumator s-a considerat un motor sincron M, racordat la linie prin transformatorul scoborîtor de tensiune *Tr.s*, ambele transformatoare avînd neutrul pe înaltă tensiune legat direct la pămînt.

În această situație și neglijînd rezistențele, impedanțele se reduc la reactanțe care se adună algebric, întrucît căderile de tensiune în acestea sînt în fază, fiind decalate cu 90° față de tensiunile electromotoare ale generatorului.

În fine, în primă aproximație se mai consideră unghiul interior $\delta = 0$, (între vectorul tensiunii electromotoare și cel al tensiunii la motor), astfel încît tensiunile electromotoare ale generatorului și motorului sînt în fază. În această situație se calculează mai întîi impedanțele (în cazul de față egale cu reactanțele), după cum urmează:

$$\left.\begin{aligned}
\bar{X}_d &= \bar{Z}_{d=j}\,X_{Gd+j}\,X_{tr.r+j}\,X_{L+j}\,X_{tr.s+j}\,X_{Md}\\
\bar{X}_i &= \bar{Z}_{i=j}\,X_{Gi+j}\,X_{tr.r+j}\,X_{L+j}\,X_{tr.s+j}\,X_{Mi}\\
\bar{X}_h &= \bar{Z}_{h=j}\,X_{tr.r+}\,X_{Lh+j}\,X_{tr.s}
\end{aligned}\right\} \qquad (20)$$

în care toate notațiile membrilor din dreapta se referă la elementele schemei din fig. 7, iar operatorul j se înmulțește cu *modulele* vectorilor respectivi. Fără a se intra aici în regulile practice ale calculului reactanțelor se amintește că pentru linii și transformatoare $X_d = X_i$, în timp ce la mașinile rotative reactanța de secvență inversă este o fracțiune din reactanța de secvență directă. În fine, reactanța homopolară este egală cu cea directă la transformatoare, egală cu un multiplu al celei directe la linii și se consideră infinită în cazul mașinilor rotative, care au neutrul izolat sau legat la pămînt printr-o rezistență foarte mare.

În condițiile citate mai sus, curentul de secvență directă rezultă din:

$$I_d = \frac{E_G - E_M}{X_d + \frac{X_i\cdot X_h}{X_i+X_h}} \qquad (21)$$

care reprezintă în cazul de față o relație algebrică, între module, E_G și E_M fiind modulele tensiunilor electromotoare ale generatorului și motorului sincron. Mai departe se calculează apoi $\bar{I}_i$ și $\bar{I}_h$, cu ajutorul relațiilor (16) și (18) și dezechilibrul de curent, precum și disimetria de tensiuni.

Cînd consumatorul este reprezentat prin motoare asincrone, lămpi și receptoare statice de alte categorii, $E_M = 0$. În schimb, într-un asemenea caz, puterea activă consumată la capătul liniei și care în cazul fig. 7 se cuprinde în expresia $\bar{E}_M\cdot\bar{I}_d$, se consideră acum consumată în rezistențe ohmice, intrînd în compunerea unei impedanțe complexe, de forma $Z = R + jX$, asupra căreia se va reveni mai departe.

Revenind la cazul din fig. 7 și ținînd de această dată seama de diferența de unghi intern între cele două mașini rotative, se ia

ca origină de fază faza vectorului E_M, de unde rezultă că vectorul E_G este decalat înaintea acestuia cu unghiul δ, scriindu-se astfel relațiile:

$$\overline{E}_G = E_G \angle \delta^\circ; \quad \overline{E}_M = E_M \angle 0^\circ \tag{22}$$

și curentul direct se calculează din expresia:

$$\dot{I}_d = \frac{E_G \cdot (\cos\delta + j \sin\delta) - E_M}{j \cdot X_e} \tag{23}$$

Dacă se notează cu X_e numitorul relației [21] sau încă

$$\dot{I}_d = \frac{E_G \cdot \sin\delta}{X_e} + j\,\frac{E_M - E_G \cdot \cos\delta}{X_e}. \tag{24}$$

În relația (25) primul termen reprezintă *curentul wattat*

$$\dot{I}_{dw} = \frac{E_G \cdot \sin\delta}{X_e}. \tag{25}$$

Pentru determinarea valorii unghiului δ, este necesar să se cunoască *puterea activă absorbită de motorul sincron*, care constituie o dată a problemei. Scriind expresia acestei puteri active, se obține:

$$\overline{P} = \overline{E}_M \cdot \overline{I}_{dw} = E_M \cdot \frac{E_G \cdot \sin\delta}{X_e}. \tag{26}$$

Relația (23) se aplică și în cazul alimentării din două surse de energii diferite, a sistemului disimetric, în care caz E_G și E_M sînt tensiunile electromotoare ale celor două surse, din care rezultă valoarea sin δ, iar mai departe, determinîndu-se și cos δ, se calculează $\dot{I}_d$ cu relația (25) și mai departe $\overline{I}_i$, $\overline{I}_h$ dezechilibrul de curent și disimetria de tensiune.

Pentru ușurința calculelor cu mărimi complexe, toate mărimile de mai sus (impedanță, reactanțe, puteri, tensiuni, curenți) se exprimă în *unități relative*, respectiv prin cifre fără dimensiuni, rezultînd din raportul dintre mărimea fizică respectivă și o altă mărime de același fel, aleasă ca mărime de bază. De obicei se alege ca *putere aparentă de bază*, $S_b = 100$ MVA sau $S_b = 1000$ MVA, după mărimile ce intervin în calcul, astfel încît să nu se ajungă la mărimi relative prea mici. Impedanțele relative se calculează cu ajutorul puterilor aparente și tensiunilor, știind că:

$$S = \frac{U^2}{Z}. \tag{27}$$

și că, pentru simplificare se ia ca raport al tensiunilor:

$$\frac{U}{U_b} = 1.$$

Cu aceste date, se obțin ca relații practice pentru calculul reactanțelor, cele ce urmează:

a) Pentru generatoare:

$$X_G^* = z \cdot \frac{S_b}{S} \tag{28}$$

în care z este o cifră practică, dată în manualele de specialitate în funcție de tipul de generator, iar S puterea aparentă, debitată de generator.

b) Pentru transformatoare:

$$X_{tr}^* = \frac{\varepsilon}{100} \cdot \frac{S_b}{S} \tag{28'}$$

în care ε este tensiunea de scurtcircuit și S puterea aparentă a transformatorului.

c) Pentru linii de transport de energie electrică:

$$X_L^* = z_l \cdot l \cdot \frac{S_b}{U^2} \tag{29}$$

în care z_l este reactanța liniei pe km (de obicei 0,4 Ω/km), l — lungimea liniei în km și U tensiunea între faze a liniei.

d) Pentru consumatori, se determină o impedanță complexă, întrucît aceștia absorb atît putere activă, cît și putere reactivă. Rezultă în consecință impedanța relativă a unui consumator, din relația:

$$Z_C^* = \frac{k \cdot S_b}{S}(\cos\varphi + j \sin\varphi) = R^* + j\,X^* \tag{30}$$

în care:

$$\frac{k \cdot S_b}{S}\cos\varphi = R^* \text{ și } \frac{k \cdot S_b}{S}\sin\varphi = X^* \tag{31}$$

și k este un coeficient funcție de natura consumatorului, care pentru utilizări cu caracter predominant industrial se ia egal cu 1,2 pentru

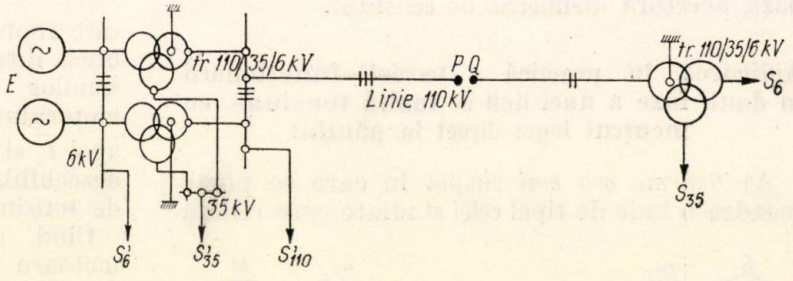


Fig. 8.

impedanța de secvență directă și de 0,30 ÷ 0,35 pentru impedanța de secvență inversă.

B) *Cazul unui sistem complex conținînd consumatori la ambele capete ale liniei de transport de energie funcționînd în două faze.* În schema de principiu din fig. 8 s-a considerat un sistem compus dintr-o centrală electrică cu două generatoare și alimentînd consumatori pe tensiunile de 110, 35 și 6 kV, ale căror sarcini

aparente sînt notate în schemă cu S'_{110}, S'_{35} şi S'_6. La aceeaşi centrală este racordată linia de 110 kV, a cărei funcţionare în două faze se studiază şi care alimentează, prin transformator scoborîtor, consumatori pe tensiunile de 6 şi 35 kV, absorbind sarcinile aparente notate în schemă cu S_6, respectiv S_{35}.

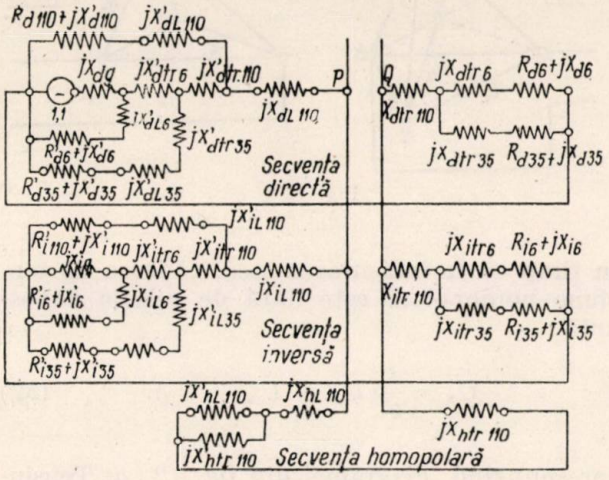


Fig. 9.

Spre deosebire de cazul A, în cele ce urmează s-au înlocuit consumatorii prin impedanţele relative, echivalente sarcinilor aparente absorbite, din care cauză la calculul curentului de secvenţă directă, în sistemul echivalent se aplică relaţia (19), cu observaţia că în impedanţele totale sînt cuprinse şi cele echivalente ale consumatorilor.

În fig. 9 s-a reprodus schema echivalentă a aceluiaşi sistem electric, cu observaţia că, în centrala electrică, cele două generatoare sînt înlocuite prin reactanţa lor echivalentă în paralel, de secvenţa directă $j X_{dG}$ şi inversă $j X_{iG}$.

În aceeaşi schemă se cuprind impedanţele liniilor şi consumatorilor alimentaţi pe 6, 35 şi 110 kV din aceeaşi centrală, ale transformatoarelor ridicătoare (în paralel) ale liniei 110 kV funcţionînd în două faze şi, în fine, impedanţele consumatorilor de la capătul liniei, după reactanţele transformatorului scoborîtor de tensiune. Linia studiată s-a presupus întreruptă între punctele P şi Q, între care s-au legat în derivaţie impedanţele de secvenţă

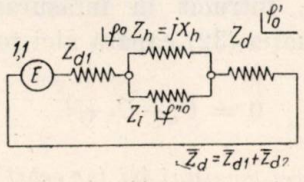


Fig. 10.

inversă şi homopolară. Se observă totodată că pentru tensiunea electromotoare a centralei s-a luat $E = 1{,}1$ unităţi relative (cu 10% mai mare decît tensiunea la borne, luată egală cu unitatea relativă) apărînd numai în schema secvenţei directe.

În schemă, neglijîndu-se rezistenţele generatoarelor, transformatoarelor şi liniilor, apar *reactanţele* acestora, cu simbolul $j X$. Indicii d, i şi h reprezintă respectiv reactanţe directe, inverse şi homopolare; în fine, G, L şi tr reprezintă generatorul, liniile şi transformatoarele, iar 6, 35 şi 110 tensiunile respective în kV.

Consumatorii apar în schemă sub forma unor *impedanţe* complexe, cu expresia $R + jX$, avînd la rîndul lor indicativele d şi i (de secvenţă directă şi inversă) şi a tensiunilor respective. O parte din consumatori sînt alimentaţi direct din centrală, pe tensiunile 110 şi 35 kV (prin transformarea respectivă) şi direct pe 6 kV, impedanţele respective fiind legate în schemă în paralel cu simbolul generatoarelor (E în schemă). Consumatorii alimentaţi prin linia funcţionînd în două faze sînt reprezentaţi la dreapta punctului Q şi s-a presupus că şi aceştia sînt alimentaţi prin transformare la 6 şi la 35 kV.

Pentru a se ajunge la schema simplă din fig. 10, care permite aplicarea relaţiei (19) şi cu aceasta rezolvarea problemei, este nevoie de reducerea succesivă a schemei detaliate din fig. 9, prin determinarea succesivă a impedanţelor echivalente, însumînd pe cele în serie şi calculînd impedanţa echivalentă a cîte două impedanţe în paralel Z_j şi Z_k, cu relaţia $\frac{\overline{Z_j} \cdot \overline{Z_k}}{\overline{Z_j} + \overline{Z_k}}$. Operaţiile se fac cu vectorii sub forma $\overline{Z}^{\varphi}$, la înmulţiri şi împărţiri şi sub formă complexă Z (cos φ + j sin φ) la adunări.

În fine, întocmai ca şi în cazul A, se deduc curenţii totali de secvenţă directă, inversă şi homopolară, calculîndu-se apoi primii doi, pentru diferitele ramificaţii ale schemei şi apoi, dezechilibrele de curent la consumatori şi în generatoare şi disimetriile de tensiuni la consumatori. În cazul cînd consumatorii de la capătul liniei mai sînt alimentaţi şi din centrale locale şi se cere funcţionarea acestora, în paralel cu centrala principală, în timpul funcţionării liniei 110 kV, impedanţele echivalente în paralel ale generatoarelor centralelor locale se trec în schemă, în paralel cu cele echivalente ale consumatorilor respectivi.

Totodată, trebuie admis în calcul un anumit nivel al tensiunii electromotoare, produse de aceste centrale locale şi care trebuie să fie inferior nivelului respectiv din centrala electrică principală, pentru ca să existe o alimentare simultană a consumatorilor din sistem şi din centralele citate. De exemplu, dacă în centrala principală se ia $E_G^* = 1{,}1$ la o cădere de tensiune

admisibilă, pe ansamblu, de 10%, se va lua pentru centralele locale $E_G^* = 1{,}0$ în unități relative.

De asemenea, trebuie fixată puterea activă P, ce se transportă din centrala principală. Cu acestea, se procedează conform celor arătate mai sus aplicînd relațiile 22÷26 și determinînd curenții de secvență directă și inversă și apoi dezechilibrele de curent și disimetriile de tensiuni.

Efectul transformatoarelor cu conexiuni stea-triunghi.

Transformatoarele de puteri mijlocii și mari, ridicătoare de la tensiunea generatoarelor (6 și 10 kV) la cea de 110 sau 35 kV, precum și cele scoborîtoare de la una din aceste tensiuni, la o tensiune medie de distribuție (6, 10 sau 15 kV), se construiesc cu înfășurarea de tensiune mai înaltă conectată în *stea*, cu neutrul scos pe capacul cuvei și cu înfășurarea de tensiune mai joasă conectată în *triunghi*. Interesează în special cazul *transformatoarelor scoborîtoare* cu aceste conexiuni. În teoria componentelor simetrice se arată că la trecerea de la înfășurarea de înaltă tensiune (conexiuni stea, cu neutrul legat la pămînt, în cazul tensiunii de 110 kV) la tensiunea medie, pe care sînt legați consumatorii, vectorii curenților de secvență directă și de secvență inversă suferă următoarele transformări:

a) modulele ambilor vectori se înmulțesc cu raportul de transformare, k;

b) vectorul curent direct se decalează cu $+30°$ (în sensul normal de rotație), iar vectorul curent invers cu $-30°$ (în sensul invers rotației normale).

Dacă $\dot{I}_d$ și $\dot{I}_i$ sînt modulele respective în înfășurarea stea și $k\dot{I}_d$, respectiv $k\dot{I}_i$ în înfășurarea triunghi, se vede ușor că raportul între $\dot{I}_d$ și $\dot{I}_i$, respectiv între $k\dot{I}_i$ și $k\dot{I}_d$, raport care definește *dezechilibrul de curent, rămîne același, prin ori cîte transformatoare s-ar trece.*

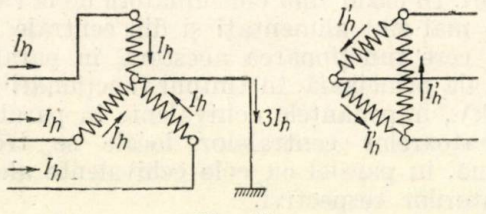


Fig. 11.

Nu același lucru se petrece și cu *disimetria de tensiuni*. Într-adevăr, după cum arată schema din fig. 11, curentul homopolar $\dot{I}$ din linia 110 kV, de același modul și aceeași fază pe toți trei conductorii de fază, induce în înfășurarea secundară (în triunghi) curenții $\dot{I}'$, de același modul și aceeași fază, pe înfășurările celor trei faze. Curentul homopolar indus circulă astfel în circuit închis, în înfășurarea triunghi, iar suma căderilor respective de tensiune este nulă. Deci, *în înfășurarea triunghi* $U_h = 0$,

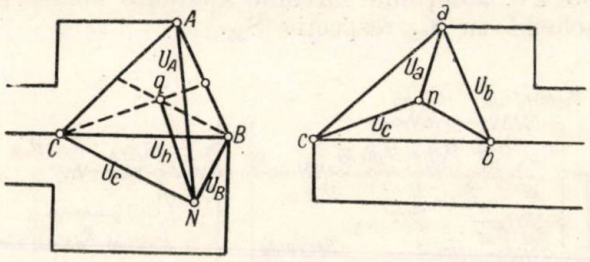


Fig. 12 a

în timp ce în înfășurarea stea, căderea de tensiune homopolară este dată de relația cunoscută:

$$\overline{U}_h = \frac{1}{3}(\overline{U}_A + \overline{U}_B + \overline{U}_C) \qquad (32)$$

corespunzînd diagramei din fig. 12, *a*. Tensiunea homopolară este aci reprezentată prin vectorul $\overline{ON}$, unind punctul neutru N al sistemului dezechilibrat, cu centrul de greutate O al triunghiului ABC al tensiunilor între faze. Aceste tensiuni induc în înfășurarea triunghi în secundar, tensiunile proporționale $\overline{ab}$, $\overline{bc}$, $\overline{ca}$, la care corespund tensiunile pe faze $\overline{na}$, $\overline{nb}$ și $\overline{nc}$. Dar, întrucît în înfășurarea triunghi $\overline{U}_h = 0$, ecuația (32) capătă aici forma:

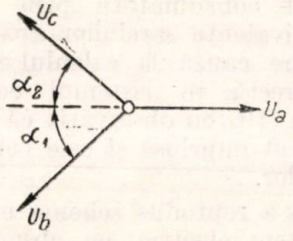


Fig. 12. b

$$0 = \overline{U}_a + \overline{U}_b + \overline{U}_c \qquad (33)$$

și *deci cele trei tensiuni își fac echilibru*, conform diagramei din fig. 12, *b*. Ori, prin faptul dispariției tensiunii homopolare în înfășurarea secundară în triunghi, *diferențele dintre valorile modulelor celor trei tensiuni scad*, ceea ce conduce la o reducere a disimetriei de tensiuni pe partea triunghi, față de cea pe partea stea.

Într-adevăr, într-un astfel de sistem de trei vectori, luînd ca origină de fază, faza vectorului U_a, expresia tensiunii de secvență inversă

devine, conform teoriei componentelor simetrice și figurii 12 :

$$U_i = \frac{1}{3}\left\{ U_a + (-U_b \cos \alpha_1 - jU_b \sin \alpha_1)\left(-\frac{1}{2} - j\frac{\sqrt{3}}{2}\right) + (-U_c \cos \alpha_2 + jU_c \sin \alpha_2)\left(-\frac{1}{2} + j\frac{\sqrt{3}}{2}\right)\right. \tag{34}$$

din care rezultă :

— Termenul real : $U_a \frac{U_b \cos \alpha_1 + U_c \cos \alpha_2)}{2} - \frac{\sqrt{3}(U_b \sin \alpha_1 + U_c \sin \alpha_2)}{2}$ (34')

— Termenul imaginar : $j\left(U_b \frac{\sqrt{3}}{2} \cos \alpha_1 + U_b \frac{\sin \alpha_1}{2} - U_c \frac{\sqrt{3}}{2} \cos \alpha_2 - \frac{U_c \sin \alpha_2}{2}\right)$ (34'')

Dacă $U_a < U_b < U_c$ și dacă sin α și cos α variază între 0,5 și 0,865, termenul imaginar este tot timpul negativ și cînd scad diferențele între modulele vectorilor U, acest termen descreşte. Termenul real este de regulă mai mic decît cel imaginar și de aceea, faptul că la valorile mici ale cos α, primul termen trece printr-un maximum, cînd diferențele între modulele vectorilor U scad, nu modifică *scăderea continuă a modulului vectorului* U_i, *cînd diferențele între* U_A, U_B *și* U_C *scad.*

La fel se poate demonstra că modulul vectorului U_d scade în aceleași ipoteze, mult mai puțin, astfel încît în concluzie, *disimetria de tensiuni descreşte, cînd scad diferențele între modulele tensiunilor pe cele trei faze.* Dacă această scădere a ajuns în situația în care $U_a = U_b = U_c = U$, atunci și $\alpha_1 = \alpha_2 = \alpha$ și rezultă $U_i = 0$ și $U_d = U$ și disimetria devine *zero. Deci, alimentarea consumatorilor printr-un transformator cu conexiuni stea-triunghi, cu punctul neutru direct legat la pămînt, reduce disimetria de tensiuni la bornele receptoarelor.*

În cele de mai sus, s-a considerat numai reducerea tensiunii prin transformatoare, de la tensiunea de transport (de exemplu 110 kV), la tensiunea medie (de exemplu 6 kV), care se aplică direct motoarelor de puteri mari, de înaltă tensiune.

În ceea ce privește consumatorii alimentați în joasă tensiune (de exemplu la 0,4 kV) disimetria de tensiune, la bornele receptoarelor respective este și mai mică. Într-adevăr, deoarece între tensiunea medie și aceste receptoare se intercalează încă cel puțin impedanțele, egale pe cele trei faze, ale unui transformator coborîtor, de la tensiunea medie la cea joasă, pe faza cu tensiunea cea mai mică se produce și cea mai redusă cădere de tensiune, corespunzînd la I minimum pe fază. La fel, pe faza de tensiune maximă se produce curentul maxim și, în acest mod, diferențele de valori între modulele tensiunilor joase pe fază se mai reduc încă, în raport cu cele din media tensiune, iar disimetria scade încă, în consecință.

De asemenea se poate deduce că disimetria de tensiuni scade, cu cît consumatorul, branșat pe un circuit cu punctul neutru izolat, este mai departe de punctul de rupere al fazei de pe linia de transport de energie, întrucît se intercalează între acesta și consumatori o reactanță mai mare, de secvență directă și inversă, conducînd la efectul de nivelare al tensiunilor pe faze, arătat mai sus.

În fine, mai trebuie precizat că, în cazul existenței unei proporții importante de receptoare fixe, pentru care $\overline{Z}_d = Z_i$, impedanța inversă capătă valori mari și conform relației (16) se reduce curentul de secvență inversă, ceea ce conduce la reducerea dezechilibrelor de curent, chiar în cazul sarcinilor mai mari transportate pe linia funcționînd în două faze.

Într-un articol următor se vor arăta rezultatele verificărilor făcute prin măsurători asupra calculelor efectuate pentru cazuri concrete de linii 110 kV funcționînd în două faze, precum și cum se verifică în asemenea cazuri comportarea motoarelor electrice asincrone trifazate, alimentate prin astfel de linii, din punct de vedere al dezechilibrelor de curent și disimetriilor de tensiuni, respectiv al generatoarelor din centralele electrice, debitînd în sistemul studiat, din punct de vedere al dezechilibrului de curent.

Bibliografie

[1] Clarke E.: *Circuit analysis of AC power systems.* Vol. I, New-York, 1950.

[2] Stromiatnikov I. A.: *Regimurile de funcționare ale motoarelor electrice asincrone* (traducere din limba rusă). Editura Tehnică, București, 1956.

[3] Stier F.: *Die elektrische Maschine an unsymetrischen Mehrphasen -Systemen"*, ETZ Heft *19*, 1953.

Considerații asupra eficacității anclanșării automate a rezervei și a comportării aparatajului de protecție în cazul funcționării automatizării respective

Ing. S. POPESCU

Utilizarea anclanșării automate a alimentării de rezervă (AAR) în instalațiile electro-energetice necesită rezolvarea a două probleme importante, și anume:

1. Realizarea unei scheme de automatizare adecvată care să asigure condițiile impuse automatului în sine (stabilitate, sensibilitate, selectivitate, siguranță etc.).

2. Comportarea instalației automatizate, în speță a consumatorilor, în regimul dinamic al dispariției și reapariției tensiunii pe barele de alimentare și, derivînd din aceasta, concluzii asupra eficacității introducerii AAR, precum și măsurile tehnico-economice ce trebuie luate pentru îmbunătățirea funcționării acestei automatizări.

În ceea ce privește prima chestiune, au fost elaborate pînă acum o serie întreagă de scheme de AAR cu număr variat de relee, corespunzătoare diverselor scheme de comutație primară, cu aparataj divers, cu curent operativ continuu sau alternativ etc. În țara noastră s-au întocmit numeroase asemenea scheme cu un număr din ce în ce mai redus de relee, ajungîndu-se în ultimă instanță, la o schemă de AAR... fără relee [1].

În această direcție se poate spune că problema este pe deplin elucidată și că astăzi se pot elabora tot felul de scheme de AAR pentru orice instalație energetică, oricîte condiții ar implica aceasta.

În ceea ce privește cea de a doua problemă, deși simplă sub aspect teoretic, a fost trecută în general pe plan secundar, iar rezolvarea ei s-a făcut pe bază experimentală sau de indici tehnici. Acest procedeu nu a dat întotdeauna cele mai bune rezultate, fie din cauza lipsei lui de fundamentare teoretică, fie din cauza necunoașterii exacte a parametrilor necesari, sau a modificărilor survenite în sistemul energetic, fapt care a condus la anumite funcționări fără efect și deci la unele rezerve asupra aplicării acestei automatizări.

În cele ce urmează se va indica, în mod sumar, modul de calcul, de reglare și verificare a elementelor conexe cu o schemă de AAR, care să-i asigure eficacitatea maximă.

Determinarea tensiunii de revenire

Pentru a cerceta cauzele care intervin în funcționările fără efect ale anclanșării automate a alimentării de rezervă, se va face următoarea împărțire arbitrară a consumatorilor alimentați de la bara respectivă:

1) consumatori cu impedanță constantă;
2) consumatori de impedanță variabilă.

În prima categorie intră toți consumatorii ce nu comportă piese în mișcare (cuptoare cu arc sau de inducție, reactanțe inductive *, rezistențe ohmice etc.) care reclamă din rețea un curent aproximativ proporțional cu tensiunea aplicată.

Cea de a doua categorie se referă la motoarele electrice care, după cum se știe, sînt aproape exclusiv de tipul asincron cu rotorul bobinat sau în scurtcircuit și a căror impedanță exprimată sub o formă simplificată ** este dependentă de turație [2].

$$Z = \sqrt{\left(\frac{R_2'}{s}\right)^2 + X_k'^2} \qquad (1)$$

unde: R_2' și X_k' reprezintă rezistența rotorică, respectiv reactanța totală a motorului raportate la stator și s alunecarea, care, la rîndul ei este legată de turația motorului (n) și cea de sincronism (n_s) prin expresia

$$s = \frac{n_s - n}{n_s}. \qquad (2)$$

Din aceste relații rezultă că, de la dispariția tensiunii de pe barele consumatorului, consecință a unui defect care produce deconectarea întreruptorului alimentării principale și pînă la revenirea tensiunii prin închiderea întreruptorului alimentării de rezervă, motoarele se frînează, deci impedanțele lor scad cu scăderea turației; apoi ele se accelerează din nou (autopornesc) absorbind din rețea un curent mai mare ca cel nominal.

Trebuie remarcat faptul, așa cum reiese din schema principială din fig. 1, că timpul total de lipsă a tensiunii de pe bare (t_{tL}) se compune din [3]:

t_1 — timpul de reglare a releului temporizat (1 RT) care reprezintă de fapt o protecție de minimă tensiune a întreruptorului alimentării principale (1 I) (în acest timp tensiunea pe bare este foarte scăzută, consecință a unui defect oarecare, sau nulă, în cazul unui scurtcircuit trifazic franc pe bare sau în amonte; în calcul aceasta se consideră acoperitor întotdeauna nulă);

* De remarcat că, deși reactanțele inductive pot constitui impedanțe neliniare, ele rămîn în accepțiunea de mai sus constante, deoarece tensiunea la bornele lor nu întrece valoarea nominală.

** S-au neglijat circuitul de magnetizare și rezistența statorică.

t_2 — timpul care conține timpi proprii de deconectare a întreruptorului 1 I și de închidere a întreruptorului 2 I (alimentarea de rezervă).

Se consideră un număr de m grupe de motoare asincrone pe barele consumatorului (fig. 1),

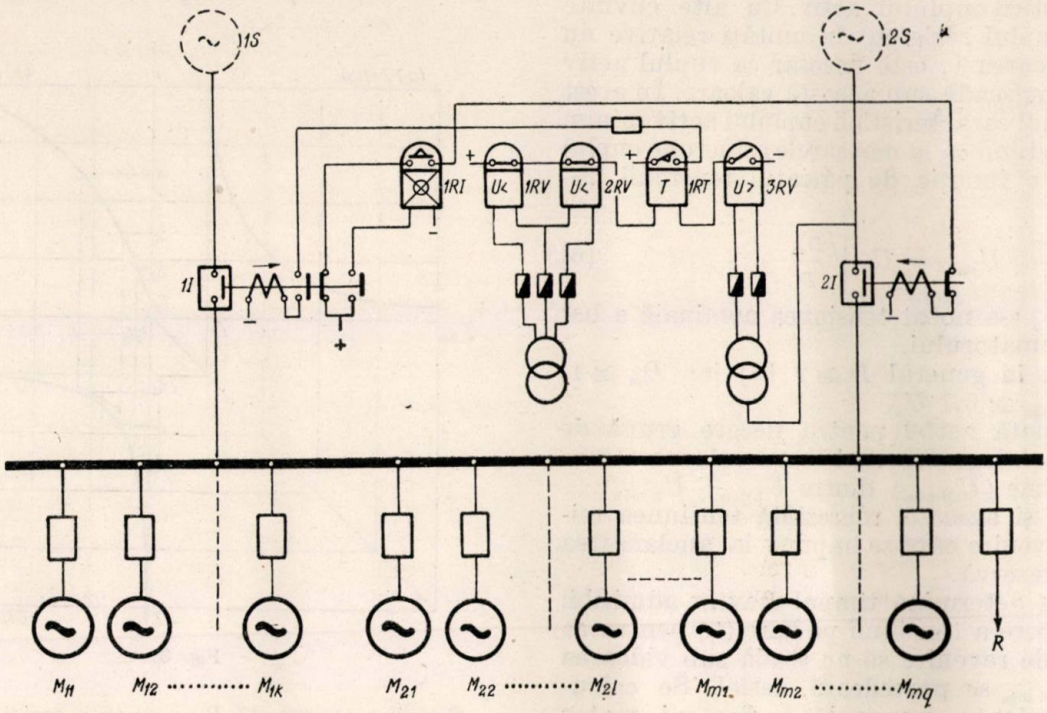


Fig. 1

fiecare grupă conținînd $k, l \ldots q$ bucăți motoare cu caracteristici identice, precum și o sarcină constantă echivalentă R.

Cunoscînd parametrii de bază ai fiecărui motor : puterea P (kW), cos φ, alunecarea nominală s_n (%) cuplul maxim în unități relative D, curentul de pornire în unități relative I_f, precum și caracteristicile sarcinilor antrenate de motoare se calculează și trasează grafic caracteristicile naturale ale cuplului activ și cuplului rezistent, funcție de alunecare, pentru fiecare grupă de motoare în parte.

Cuplul activ se determină după formula [4] :

$$C_a = \frac{2D}{\frac{s}{s_{cr}} + \frac{s_{cr}}{s}} \qquad (3)$$

unde :

s_{cr} (alunecarea critică) corespunde momentului maxim D și apoi se trasează grafic, ușor, prin cele patru puncte caracteristice :

1 — sincronism $C_a = 0$ pentru $s = 0$;
2 — nominal $C_a = 1$ pentru $s = s_n$;
3 — critic $C_a = D$ pentru $s = s_{cr} = (D + \sqrt{D^2 - 1})s_n$;
4 — frînare $C_a = C_f{}^* = 2\,D\,s_{cr}$ pentru $s = 1$

Cuplul rezistent este specific sarcinii antrenate și este dat de o expresie generală de forma [3] :

$$C_r = P + Qn_*^{\lambda} \qquad (4)$$

în care :

P este valoarea cuplului rezistent la pornire ($P \cong 0{,}2 \div 0{,}4$) ;

Q este un coeficient de dependență al cuplului de turație ($Q \cong 0{,}8 \div 0{,}6$) ;

$n_* = \frac{n}{n_n}$ — turația motorului în unități relative ;

λ — un exponent ce variază funcție de natura sarcinii ($\lambda = 1{,}5 \div 3$).

În mod obișnuit $\lambda = 2$ iar caracteristica respectivă poartă denumirea de caracteristică tip ventilator.

Trebuie remarcat faptul că, deoarece la $n = n_n$ cuplul $C_r = 1$, rezultă $P + Q = 1$.

Un caz particular al expresiei (4) este acela al cuplului rezistent constant :

$$C_r = P = 1 \qquad (5)$$

și este specific motoarelor asincrone de la laminoare etc.

Reprezentările grafice ale celor două cupluri, activ și rezistent funcție de alunecare, sînt indi-

* Uneori cuplul de frînare real este dat în prospectele de fabricație, deoarece valoarea calculată este aci aproximativă.

cate în fig. 2 și ele se trasează pentru fiecare grupă de motoare. În aceeași figură s-a mai arătat și caracteristica artificială a cuplului activ minim ($C_{a\,min}$) corespunzătoare tensiunii minime de revenire (U_{min}) necesară pentru ca motoarele să nu se decroșeze, adică punctul de funcționare al motorului să rămînă pe porțiunea stabilă a caracteristicii cuplului activ. Cu alte cuvinte deoarece cuplul rezistent în unități relative nu întrece valoarea 1, este necesar ca cuplul activ maxim să nu scadă sub această valoare. În acest caz, maximul caracteristicii cuplului activ minim fiind D_m și știind că la motoarele asincrone cuplul activ este o funcție de pătratul tensiunii, rezultă [4]:

$$U_{min} = U_n \sqrt{\frac{D_m}{D}} \qquad (6)$$

unde cu U_n s-a notat tensiunea nominală a barelor consumatorului.

Deoarece în general $D \cong 2$ [6] iar $D_m \cong 1$, rezultă $U_{min} \cong 0{,}7\ U_n$.

Determinată astfel pentru fiecare grupă de motoare, se alege cea mai mare valoare a tensiunii minime ($U_{M\,min}$) dintre $U_{1\,min}$; $U_{2\,min}$ ... ... $U_{m\,min}$ și aceasta reprezintă tensiunea minimă de revenire care se impune la anclanșarea sursei de rezervă.

Pentru a determina timpul maxim admisibil de întrerupere a tensiunii pe bare (t_i) pentru ca tensiunea de revenire să nu scadă sub valoarea minimă $U_{M\,min}$ se procedează astfel. Se calculează impedanța nominală a fiecărui motor exprimată în mărimi complexe:

$$Z_n = \left(\frac{U^2}{P_i}\cos\varphi_i\right)(\cos\varphi_i + \mathrm{j}\sin\varphi_i) = R_i + \mathrm{j}\,X_i \quad (7)$$

Pentru prima grupă de motoare impedanța

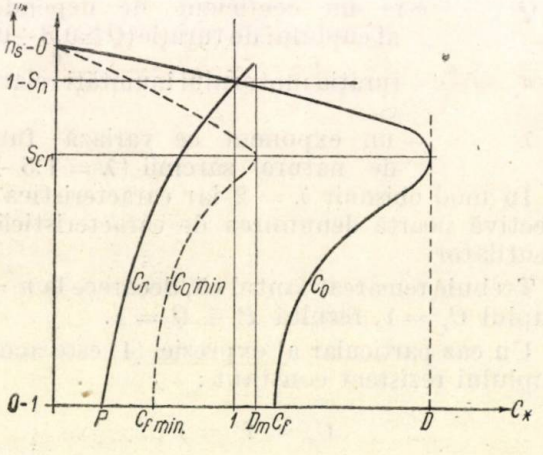


Fig. 2

nominală a tuturor celor k motoare în paralel (Z_1) este:

$$Z_1 = \frac{R_{1i}}{k} + \mathrm{j}\,\frac{X_{1i}}{k} = R_1 + \mathrm{j}\,X_1 \qquad (7)_1$$

Idem pentru celelalte grupe de motoare:

$$Z_2 = \frac{R_{2i}}{l} + \mathrm{j}\,\frac{X_{2i}}{l} = R_2 + \mathrm{j}\,X_2 \qquad (7)_2$$

. . . . . .

$$Z_m = \frac{R_{mi}}{q} + \mathrm{j}\,\frac{X_{mi}}{q} = R_m + \mathrm{j}\,X_m \qquad (7)_m$$

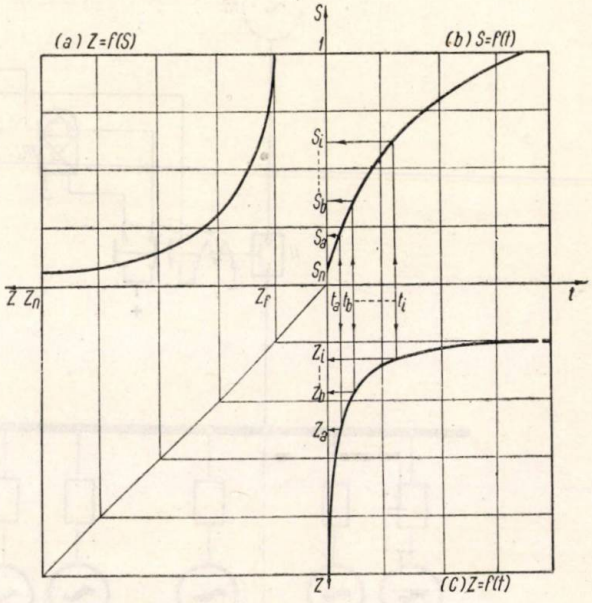


Fig. 3.

Sarcina constantă R va avea o rezistență:

$$R_R = \frac{U_n^2}{P_R}. \qquad (7)$$

Se știe că impedanța de pornire (frînare) a unui motor asincron Z_f este dată de relația [3].

$$Z_f = \frac{Z_n}{I_f} \qquad (8)$$

I_f fiind curentul de pornire în unități relative; deci se determină corespunzător impedanțele de pornire Z_{1f}; Z_{2f}... Z_{mf}.

Din expresia impedanței motorului asincron funcție de alunecare și impedanța de pornire [4]:

$$Z = Z_f \sqrt{\frac{1 + \left(\frac{s_{cr}}{s}\right)^2}{1 + s_{cr}^2}} \qquad (9)$$

se pot trasa pentru fiecare grupă de motoare în parte caracteristicile $Z_1 = f_1(s)$; $Z_2 = f_2(s)$ ... $Z_m = f_m(s)$ (fig. 3, *a*).

Pe de altă parte se calculează de asemenea pentru fiecare grupă de motoare în parte variația alunecării (s), în timp, la frînarea motoarelor (dispariția tensiunii) după relația cunoscută (valabilă și la pornire) [3]:

$$t_{12} = -\,T_A \sum_{s=s_2}^{s=s_1} \frac{\Delta s}{\Delta C} \qquad (10)$$

în care :

T_A este constanta mecanică de timp a sistemului complet motor-sarcină ;

$$T_A = \frac{GD^2 n_s^2}{364\, P_n}; \qquad (11)$$

Δs — intervalul de alunecare ales arbitrar (începînd de la s_n în cazul opririi și de la 1 în cazul pornirii) ;

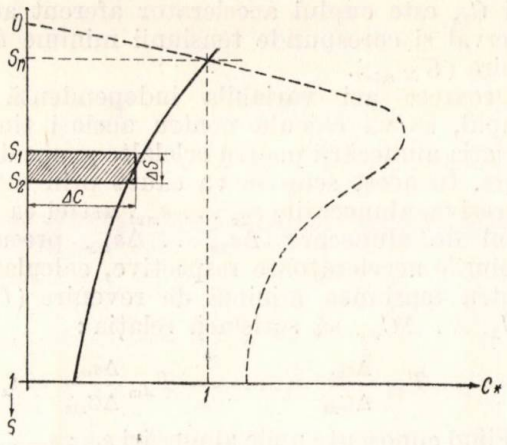


Fig. 4.

ΔC — cuplul accelerator corespunzător.

În cazul opririi, cuplul accelerator este numai cel de frînare (fig. 4) :

$$\Delta C = C_a - C_r = -C_r$$

Se obțin astfel curbele : $t_1 = f_1'(s)$; $t_2 = f_2'(s)$ ... $t_m = f_m'(s)$ (fig. 3, *b*).

Din caracteristicile $Z = f(s)$ și $t = f'(s)$ se trasează funcțiile grafice $Z_1 = f_1'''(t)$; $Z_2 = f_2'''(t)$ ... $Z_m = f_m'''(t)$ (fig. 3, *c*).

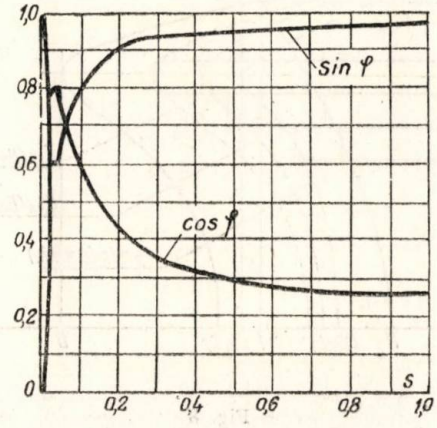


Fig. 5.

Se aleg pornind din origină valori arbitrare de timp t_a ; t_b ... t_i (Δ_t = const = 0,3 ÷ 0,5 *s*) aceleași pentru toate grupele de motoare și se determină impedanțele corespunzătoare $Z_a \cdot Z_b ... Z_i$ precum și alunecările respective s_a ; s_b ... s_i.

Din diagrama indicată în fig. 5 [4] (cos φ și sin $\varphi = f(s)$, se determină valorile, cos φ_a ; cos φ_b ... cos φ_i și sin φ_a ; sin φ_b ... sin φ_i pentru alunecările s_a ; s_b ... s_i.

Astfel, cu valorile obținute, se calculează impedanțele exprimate în mărimi complexe la fiecare timp t_a ; t_b ... t_i și pentru fiecare grupă de motoare după relația cunoscută.

Astfel, la timpul t_a :

$$Z_{1a} = Z_{1a} \cos \varphi_{1a} + \mathrm{j}\, Z_{1a} \sin \varphi_{1a} = R_{1a} + \mathrm{j}\, X_1 a \qquad (12)_1$$

$$Z_{2a} = Z_{2a} \cos \varphi_{2a} + \mathrm{j}\, K_{2a} \sin \varphi_{2a} = R_{2a} + \mathrm{j}\, X_{2a} \qquad (12)_2$$

. . . . . .

$$Z_{ma} = R_{ma} + \mathrm{j}\, X_{ma}.$$

Rezistența totală a consumatorului la timpul t_a este R_{ta} :

$$\frac{1}{R_{ta}} = \frac{1}{R_{1a}} + \frac{1}{R_{2a}} + \ldots + \frac{1}{R_{ma}} + \frac{1}{R_R} \qquad (13)$$

Idem, reactanța inductivă totală K_{ta} :

$$\frac{1}{X_{ta}} = \frac{1}{X_{1a}} + \frac{1}{X_{2a}} + \ldots + \frac{1}{X_{ma}} \qquad (14)$$

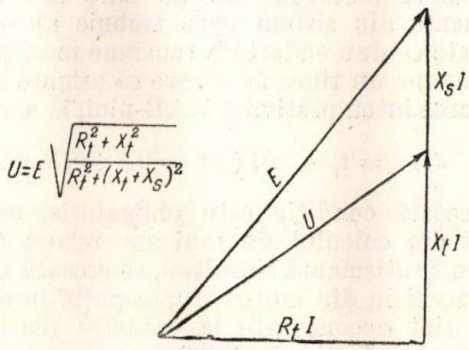


Fig. 6.

și notînd cu X_s reactanța totală a sistemului pînă la bara consumatorului pe ramura aferentă alimentării de rezervă, se determină tensiunea de revenire pe bară U_a dacă întreruptorul de rezervă ar reanclanșa după acest timp t_a (fig. 6) :

$$U_a = E\sqrt{\frac{R_{ta}^2 + X_{ta}^2}{R_{ta}^2 + (X_{ta} + X_s)^2}} \qquad (15)$$

E este forța electromotoare a sursei și se calculează din aceeași formulă, considerînd impedanțele nominale (relațiile 7 ; 13 și 14) și tensiunea nominală a barelor (U_n).

S-a calculat astfel încă un punct al tensiunii de revenire :

$U_M = U_a$ pentru $t = t_a$ (primul punct este $U_M = U_n$ pentru $t = 0$).

În mod similar se calculează și tensiunile $U_b \dots U_i$ corespunzătoare timpilor $t_b \dots t_i$ și se trasează curba $U_M = f(t)$ (fig. 7).

Intersecția acestei curbe cu dreapta $U_{M\,min}$ (relația 6) determină timpul total maxim de întrerupere t_{tM}.

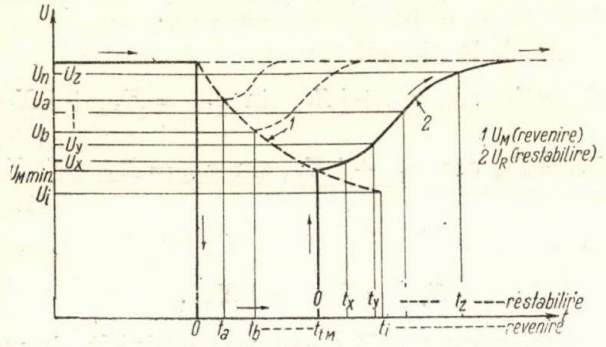


Fig. 7.

Timpul de reglare al releului de timp 1 RT din schema 1 se alege

$$t_1 = t_{AAR} = t_{tM} - t_2; \qquad (16)$$

$t_2 = 0{,}4 \div 0{,}8$ s (a se vedea mai sus).

Pe de altă parte, dacă t_p este timpul maxim al protecției plecărilor de pe bare sau a altor elemente din sistem care trebuie să selecteze defecte ce dau căderi de tensiune mari pe bare, se impune un timp t_{AAR} care să asigure nefuncționarea intempestivă a AAR-ului, în acest caz :

$$t_{AAR} = t_p + \Delta t \; (\Delta t = 0{,}5 \div 0{,}75 \text{ s}). \qquad (17)$$

Această condiție este obligatorie, astfel că dacă din calculul de mai sus relația (16) nu poate fi satisfăcută simultan, se creează o tranșă de sacrificiu din motoare mai puțin importante care sînt deconectate la scăderea tensiunii de către o protecție de tensiune minimă cu timp de reglare scurt (0,5 s) și se reia calculul arătat anterior pînă cînd concluzia concretizată în expresia (16) este satisfăcută.

Determinarea tensiunii de restabilire

Odată determinată tensiunea de revenire, se calculează într-un mod similar tensiunea de restabilire datorită autopornirii (accelerării) motoarelor [3].

În acest scop se trasează pe caracteristica din fig. 2 și curba cuplului activ corespunzător tensiunii minime de revenire $U_{M\,min}$ (fig. 8); evident că vor exista m figuri nr. 8 (8_1; $8_2 \dots 8_m$) pentru cele m grupe de motoare, după cum vor exista și m figuri nr. 3 (3_1; $3_2 \dots 3_m$). Pe aceleași figuri nr. 8 sînt trasate și alunecările (s_{t_1} ; $s_{t_2} \dots s_{tm}$) pînă la care au ajuns motoarele la revenirea tensiunii și care se obține din fig. 3 pentru timpul t_{tM} determinat grafic în fig. 7.

Se alege pe una din diagramele din fig. 8 (de exemplu fig. 8_1) o alunecare arbitrară s_{1x} în sensul creșterii vitezei astfel ca intervalul de alunecare $\Delta s_{1x} = 0{,}05 \div 0{,}1$ și presupunînd că în acest interval tensiunea nu a variat se calculează timpul de accelerare pentru motoarele din grupa 1 după relația (10) :

$$t_{1x} = -\, T_{A1} \frac{\Delta s_{1x}}{\Delta C_{1x}} \qquad (10)_1$$

Aci C_{1x} este cuplul accelerator aferent acestui interval și corespunde tensiunii minime de revenire ($U_{M\,min}$).

Deoarece aci variabila independentă este timpul, se va calcula pentru același timp t_{1x} variația alunecării pentru celelalte grupe de motoare. În acest scop se va căuta prin tatonări succesive, alunecările $s_{2x} \dots s_{mx}$, astfel ca intervalul de alunecare $\Delta s_{2x} \dots \Delta s_{mx}$ precum și cuplurile acceleratoare respective, calculate tot pentru tensiunea minimă de revenire ($U_{M\,min}$) $\Delta C_{2x} \dots \Delta C_{mx}$ să satisfacă relația :

$$t_{1x} = -\, T_{A2} \frac{\Delta s_{2x}}{\Delta C_{2x}} = \dots = -\, T_{Am} \frac{\Delta s_{mx}}{\Delta C_{mx}} = t_x \qquad (18)$$

Fiind cunoscute noile alunecări s_{1x} ; $s_{2x} \dots s_{mx}$, se determină din diagramele trasate în fig. 3 a (1 ; $2 \dots m$) valorile noilor impedanțe Z_{1x} ; $Z_{2x} \dots Z_{mx}$, precum și valorile cos φ_x și sin φ_x din diagrama din fig. 6.

Folosindu-se succesiv relațiile (12) ; (13) ; (14) și (15), se obține noua valoare a tensiunii (U_{Rx}) funcție de care se trasează noile curbe ale cuplului activ în diagramele din fig. 8. Valorile U_{Rx} și t_x determină un punct al curbei de restabilire a tensiunii.

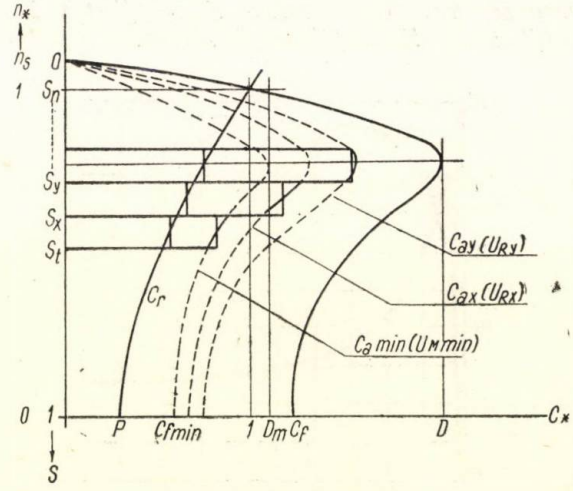


Fig. 8

Se alege o a doua valoare a alunecării s_{1y} pe diagrama din fig. 8_1 și se reia în mod identic calculul de mai sus. Obținînd alte perechi de valori U_{Ry} și $t_y \dots U_{Rz}$ și $t_z \dots$ cu ajutorul cărora se trasează în fig. 7 curba tensiunii de restabilire ($U_R = f(t)$).

Determinarea curentului de autopornire

Din valorile tensiunilor de restabilire $U_{M\,min}$; U_{Rx}; U_{Ry} ... U_{Rz} şi ale impedanţelor determinate Z_{min}; Z_x; Z_y ... Z_z se calculează curenţii de autopornire pentru fiecare motor în parte.

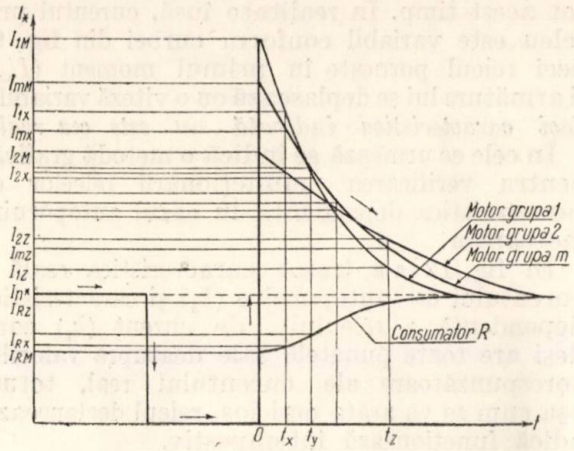


Fig. 9.

De exemplu:

— pentru un motor din prima grupă:

$$I_{1M} = \frac{U_{M\,min}}{k \cdot Z_{1M}} \qquad t = 0$$

$$I_{1x} = \frac{U_{Rx}}{k \cdot Z_{1x}} \qquad t = t_x$$

. . . . . .

$$I_{1z} = \frac{U_{Rz}}{k \cdot Z_{1z}} \qquad t = t_z$$

— pentru motoarele din grupa 2

$$I_{2M} = \frac{U_{M\,min}}{l \cdot Z_{2M}} \qquad t = 0$$

. . . . . .

$$I_{2z} = \frac{U_{Rz}}{l \cdot Z_{2z}} \qquad t = t_z$$

. . . . . .

— pentru motoarele din grupa m

$$I_{mM} = \frac{U_{M\,min}}{q \cdot Z_{mM}} \qquad t = 0$$

. . . . . .

$$I_{mz} = \frac{U_{Rz}}{q \cdot Z_{mz}} \qquad t = t_z$$

Pentru sarcina constantă R curenţii sînt:

$$I_{RM} = \frac{U_{M\,min}}{R_R} \qquad t = 0$$

. . . . . .

$$I_{Rz} = \frac{U_{Rz}}{R_a} \qquad t = t_z$$

Cu ajutorul acestor valori se trasează curbele din fig. 9 [$I = f(t)$]*. Prin însumarea tuturor curbelor din fig. 9 (ordonatele fiind transcrise în valori absolute) şi pentru toate motoarele se obţine o curbă de aceeaşi alură reprezentînd variaţia în timp a curentului total de autopornire al consumatorului de pe bara considerată.

În cazul cînd este necesară şi determinarea turaţiei pe perioada dispariţiei tensiunii, aceasta se poate face foarte simplu, deoarece se cunosc timpii t_a; t_b ... t_t şi t_x; t_y ... t_z precum şi alunecările corespunzătoare pentru fiecare motor în parte din care se deduc turaţiile conform relaţiei (2).

Verificarea protecţiei prin relee

Aşa cum s-a arătat, la întreruperea şi restabilirea tensiunii, variaţia tensiunii şi curentului poate produce declanşarea intempestivă a protecţiei întreruptoarelor.

1. *Protecţiile de tensiune*

Releele de tensiune minimă ce nu trebuie să declanşeze, trebuie să aibă un asemenea reglaj de tensiune (U_r) şi de timp (t_{r1}) încît punctul X de coordonate $k_r \cdot U_r$ şi t_{r1} să fie plasat în interiorul conturului format de curba din fig. 7 cu o margine de siguranţă $\Delta t = 0{,}6 \div 1$ s. Prin k_r s-a notat coeficientul de revenire al releului de minimă tensiune ($k_r = 1{,}25$) (fig. 10).

De remarcat că t_r se măsoară din momentul dispariţiei tensiunii.

În mod analog, un releu de tensiune minimă ce trebuie să funcţioneze în timpul AAR va trebui să aibă coordonatele (U_r ; t_{r2}) în afara

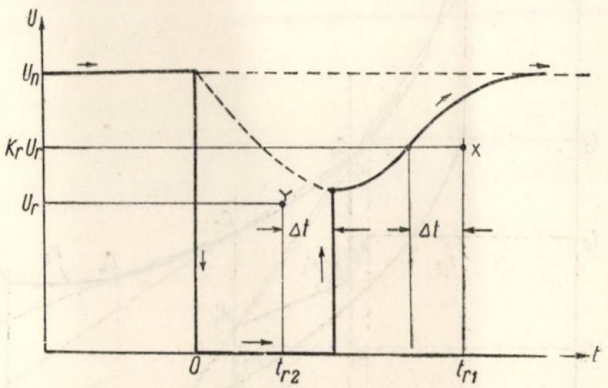


Fig. 10.

conturului arătat (fig. 10, punctul Y) de asemenea cu o margine de siguranţă Δt.

Trebuie menţionat că *întreruptoarele automate prevăzute cu protecţie de tensiune minimă (nulă)*, de exemplu întrerupătorul produs românesc DITU, *nu poate fi folosit în cazul adoptării AAR.*

*) Scara ordonatelor este în unităţi relative pentru a avea aceeaşi valoare a curentului nominal pentru motoarele aferente diverselor grupe.

2. *Protecţiile de curent*

a) Protecţiile maximale de curent cu caracteristică independentă, nu funcţionează dacă punctul Z de coordonate $k_r \cdot I_r$ (I_r fiind curentul de reglare) şi t_{r3} (timpul de reglare) se găseşte deasupra conturului format de curba din fig. 9, cu o margine de siguranţă Δt (fig. 11).

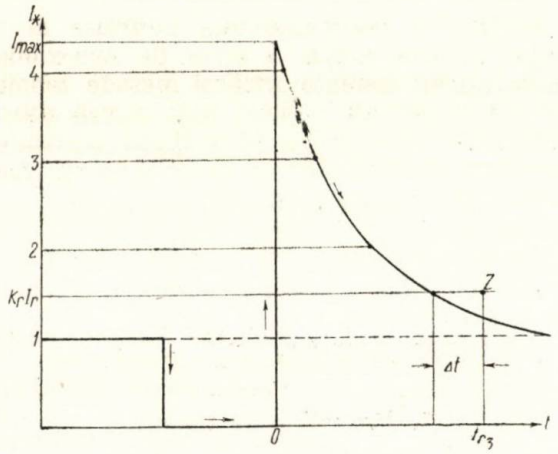


Fig. 11.

Prin k_r s-a notat coeficientul de revenire al releului maximal de curent ($K_r \cong 0{,}85$).

De remarcat că t_{r3} se măsoară din momentul revenirii tensiunii.

b) Protecţiile de curent cu caracteristică dependentă. În privinţa acestei probleme s-ar putea crede că prin analogie cu celelalte protecţii, o asemenea protecţie, avînd o caracteristică $t = f(I_p)$ nu ar declanşa dacă toate punctele acestei caracteristici s-ar găsi deasupra curbei din fig. 9. Această condiţie este necesară însă nu şi suficientă. Referindu-ne, de exemplu, la releul de inducţie cu caracteristică dependentă vom spune că la un anumit curent constant I_p deconectarea se produce la timpul t_p numai dacă acest curent rămîne constant în tot acest timp. În realitate însă, curentul prin releu este variabil conform curbei din fig. 9; deci releul porneşte în primul moment (I_{max}) şi armătura lui se deplasează cu o viteză variabilă, *deci caracteristica indicată nu este cea reală.*

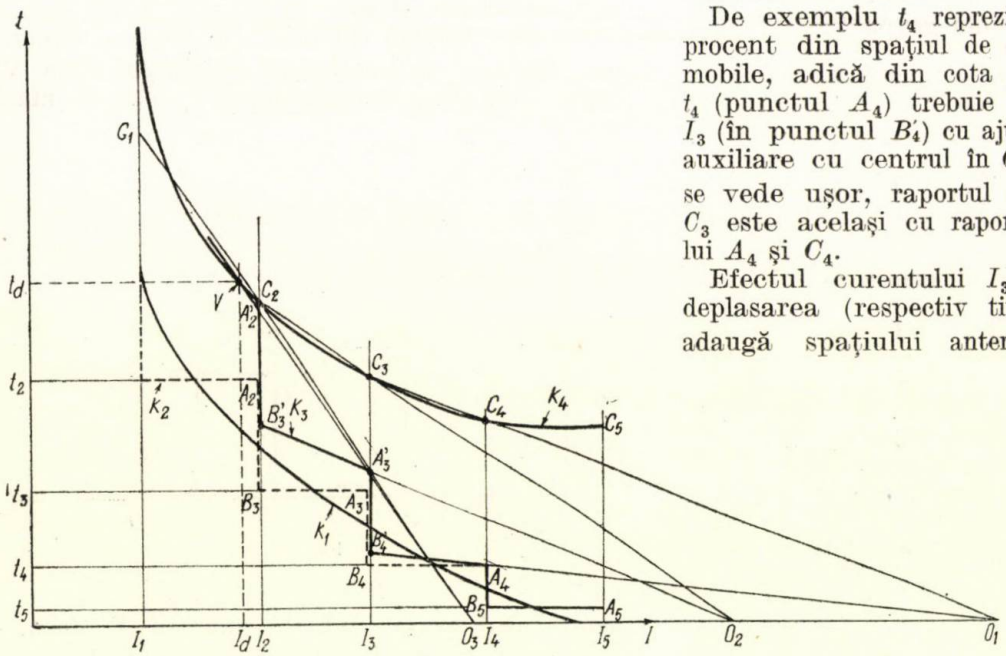


Fig. 12.

În cele ce urmează se indică o metodă grafică* pentru verificarea nefuncţionării releelor cu caracteristica dependentă în cazul autopornirii motoarelor.

În fig. 12 s-a trasat caracteristica reală a curentului de autopornire (k_1) şi caracteristica dependentă a releului de curent (k_4) care, deşi are toate punctele sale deasupra valorilor corespunzătoare ale curentului real, totuşi, aşa cum se va arăta mai jos, releul declanşează, adică funcţionează intempestiv.

În adevăr, ordonatele punctelor C_1; C_2;... ...C_5 de pe caracteristica k_4 reprezintă timpii de funcţionare ai releului *în ipoteza* că el este parcurs de curenţii *constanţi*, respectiv I_1; $I_2 \ldots I_5$, adică aceste ordonate reprezintă spaţiul constant de deplasare al echipajului mobil la viteze diferite. În această situaţie, dacă se consideră caracteristica aproximativă (k_2) în trepte formată din curenţii : I_5 — care curge în t_5 secunde; I_4 în $(t_4 - t_5)$ secunde; I_3 în $(t_3 - t_4)$ secunde.... se poate calcula efectul lor cumulat astfel:

De exemplu t_4 reprezintă la altă scară un procent din spaţiul de deplasare a armăturii mobile, adică din cota punctului C_4. Timpul t_4 (punctul A_4) trebuie transpus pe verticala I_3 (în punctul B'_4) cu ajutorul unei construcţii auxiliare cu centrul în O_1, astfel că, aşa cum se vede uşor, raportul ordonatelor lui B'_4 la C_3 este acelaşi cu raportul dintre ordonatele lui A_4 şi C_4.

Efectul curentului I_3 este concretizat în deplasarea (respectiv timpul) A_3B_4, care se adaugă spaţiului anterior ($A'_3\ B'_4 = A_3\ B_4$) obţinînd punctul A_3, care este de asemenea transpus pe verticala I_2 în punctul B'_3, (centru auxiliar O_2) şi aşa mai departe pînă cînd (fig. 12) noua caracteristică echivalentă (k_3) intersectează curba k_4 în punctul V, punct ce indică curentul I_d şi timpul de declanşare t_d.

* Metoda este originală, nepublicată şi deci susceptibilă de discuţii.

Trebuie remarcat faptul că diagrama k_3 este o ficțiune; în realitate, ceea ce variază în orice moment, nu este diagrama k_2 respectiv (k_1), ci caracteristica releului dependent (k_4).

Acest lucru se datorește faptului că diagrama k_4 se referă la variația timpului de acționare a releului respectiv funcție de diverse valori ale curenților, constante în timp ($I = 0$ pentru $t < 0$; $I = I_{ct}$ pentru $t \geqslant 0$ — variația în treaptă). Or, în situația prezentată, curentul fiind el însuși o funcție de timp, la o anumită valoare momentană, timpul de deconectare este mai mic decît cel indicat de diagrama k_4 cu o valoare corespunzătoare deplasării anterioare a armăturii mobile. Rezultă deci că, în acest caz, *diagrama reală a releului* — timp funcție de curent — este plasată sub diagrama k_4 adică este posibilă intersecția cu caracteristica de variație a curentului funcție de timp (k_1) respectiv poate avea loc declanșarea intempestivă a protecției considerate, așa cum a reieșit din demonstrația anterioară.

Condiția ca să nu se producă declanșarea intempestivă este ca distanța minimă între cele două caracteristici k_4 și k_3 să fie mai mare decît o treaptă de timp de siguranță.

Această treaptă de timp se stabilește la 1 secundă, prin analogie cu treapta de siguranță între două caracteristici succesive de protecție, necesară asigurării selectivității lor.

Precizia metodei este evident mai mare cu cît intervalele de curent sînt mai multe. În fig. 12 au fost alese însă numai patru intervale pentru claritatea desenului.

De menționat că, prin similitudine, se poate considera această metodă valabilă și pentru releele termice de curent cu caracteristică dependentă.

*

Calculul și raționamentele cuprinse în întreaga lucrare conțin o serie de aproximații și simplificări inerente oricărei metode tehnice, însă ele constituie o bază mai sigură pentru verificarea ulterioară a eficacității anclanșării automate a alimentării de rezervă în sistemele energetice.

Bibliografie

[1] Institutul de Studii și Proiectări Energetice (ISPE): Material documentar intern al atelierului PTA

[2] Piotrovski L. M.: *Mașini electrice.* Editura Energetică de Stat, 1953.

[3] Penescu C: *Automatica și telemecanica sistemelor energetice* (vol II) Editura Academiei R.P.R. (sub tipar).

[4] Siromiatnikov I. A.: *Regimurile de funcționare ale motoarelor asincrone,* Editura Tehnică, 1952.

[5] Soloviev I. I.: *Automatizarea sistemelor energetice,* Editura Energetică de Stat, 1950.

[6] Golovan A. T., Gmdinski P. G. și alții: *Indreptar electrotehnic.* Editura Energetică de Stat, 1955.

Spălarea prin barbotaj a aburului cu apă de alimentare la cazanele PK–10 de la T.C. Paroşeni

Ing. C. *UNGUREANU*

În schema termică a C. T. Paroşeni, cu cazane de 110 at şi 510°C există o instalaţie de tratare a apei, prevăzută cu filtre cationice care funcţionează în două trepte. Apa brută, cu o duritate de 4—5° şi un conţinut de 5—6 mg/l de SiO_2, în urma procesului de dedurizare ajunge la o duritate reziduală de 0,01°, conţinutul de SiO_2 nu este modificat, iar conţinutul de săruri este de 120 mg/l.

Instalaţia de epurare a apei nu rezolvă decît o parte a problemei apei de adaos, în sensul eliminării elementelor calciu şi magneziu, capabile să provoace depuneri pe suprafeţele de încălzire, rămînînd nerezolvată problema conţinutului de SiO_2, prin faptul că instalaţia existentă nu este prevăzută pentru desilicierea apei epurate.

La centralele electrice o problemă importantă o constituie puritatea aburului. Turbinele de înaltă presiune sînt foarte sensibile la depunerile de săruri; chiar concentraţii mici de depuneri duc la micşorarea puterii turbinei şi scăderea economicităţii ei.

De aceea se impune ca aburul produs de cazane să fie cît mai curat, fapt care este determinat de procesele care au loc în interiorul cazanelor, caracterul acestora depinzînd de parametrii aburului, conţinutul de săruri al apei din cazan, felul dispozitivelor de spălare din interiorul cazanelor precum şi de regimul chimic al apei. Pe măsură ce parametrii aburului sînt mai ridicaţi, impurificarea aburului cu SiO_2 şi săruri de sodiu este mai accentuată.

La T. C. Paroşeni în fiecare an apăreau pe paletele turbinelor depuneri în grosime de 1—2 mm, cu un conţinut de SiO_2 de 98%. Depunerile pe paletele turbinelor erau inerente din cauza calităţii aburului care conţinea 0,02 — 0,1 mg/l SiO_2 de 98%. Acest conţinut mare de SiO_2 în abur era condiţionat de procentul mare de apă de adaos, de circa 10% pe centrală. Introducîndu-se în circuitul de alimentare o cantitate mare de apă de adaos, tratată, însă nedesiliciată, se ajungea la o concentraţie de 0,2 — 0,3 mg/l SiO_2 în apa de alimentare. În felul acesta nu se respectau prescripţiile pentru SiO_2 în apa de alimentare şi abur.

Pentru a se ajunge la o situaţie normală de exploatare, în sensul de a se menţine un conţinut de 0,02 mg/l SiO_2 în apa de alimentare, conform prescripţiilor, erau necesare următoarele măsuri:

— o micşorare însemnată a pierderilor de condensat şi abur care să reducă adaosul de apă;

— introducerea desilicierii în procesul de tratare a apei de adaos;

— montarea unor dispozitive pentru spălarea aburului saturat.

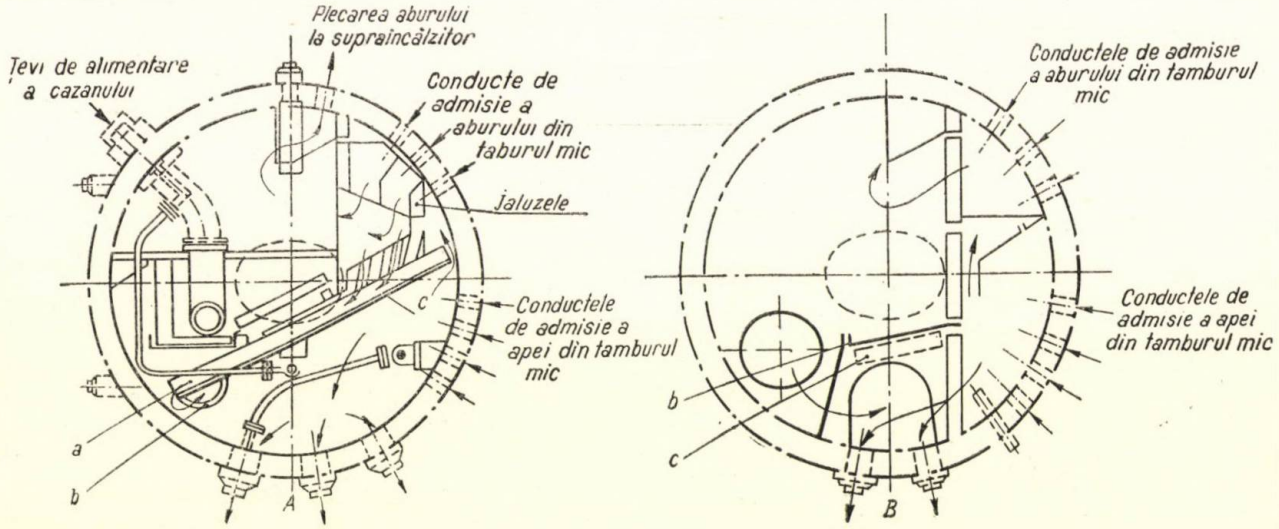


Fig. 1.

A — secţiune prin tamburul mare, treapta I-a: *a* — jgheab de spălare; *b* — jgheab de barbotaj; *c* — placă de separaţie. *B* — secţiune prin tamburul mare, treapta a II-a: *a* — tablă perforată; *b* — jgheab.

Luînd pe rînd fiecare din aceste trei obiective principale menite să ducă la îmbunătăţirea calităţii aburului, se pot arăta următoarele:

— s-a depus o luptă susţinută pentru scoaterea la iveală a tuturor scăpărilor de abur şi condensat şi reducerea lor.

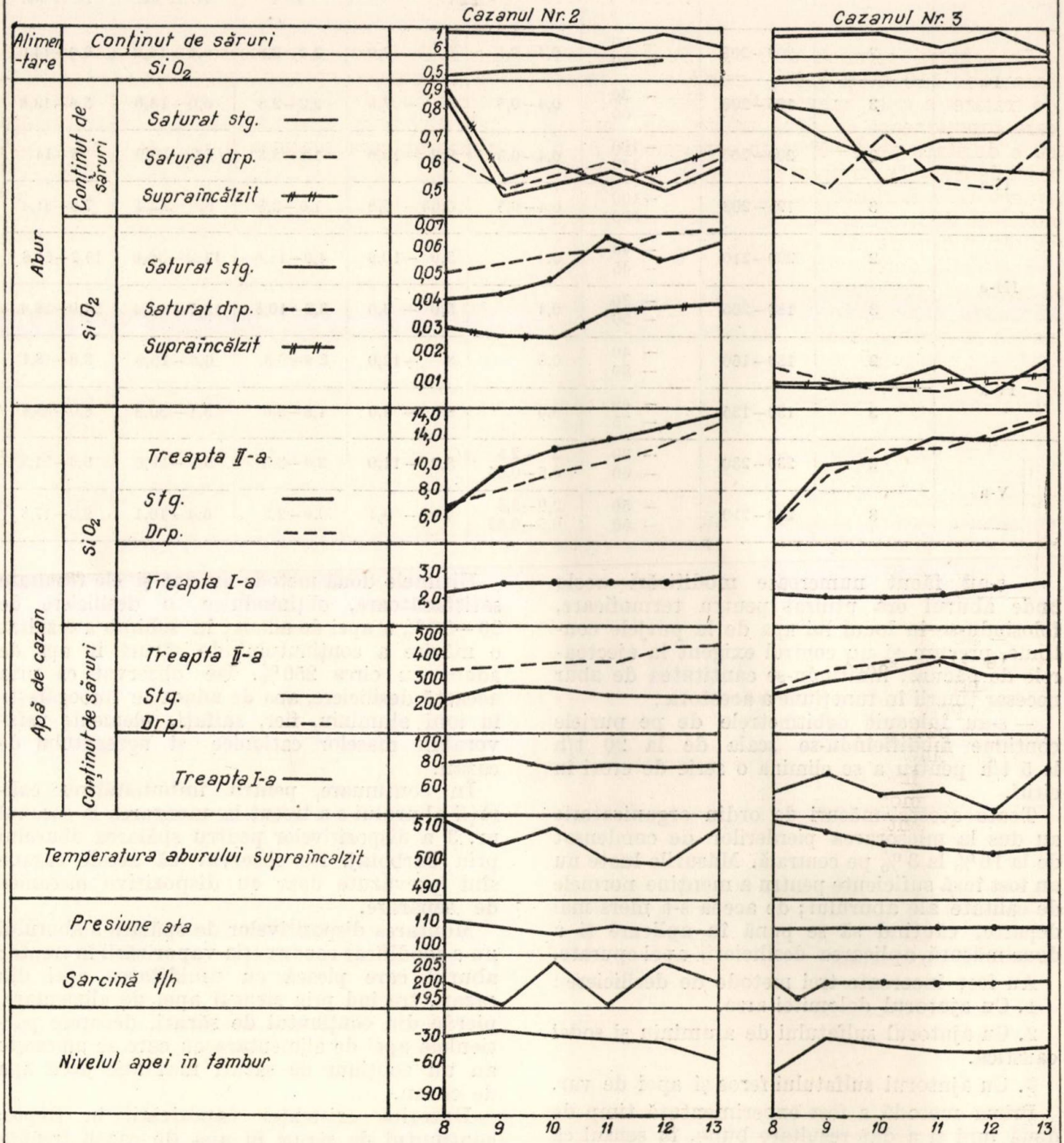


Fig. 2. Încercarea nr. 1.

Încercarea	Cazan nr.	Sarcină t/h	Nivelul apei în tambur tr. I mm	Apă de alimentare		Apă de		
				SiO_2	Săruri	SiO_2 mg/l		
				mg/l		Tr. I	Tr. II stg.	Tr. II drp.
I-a	2	200–205	– 30 – 60	0,4–0,5	6 – 7,0	2,2–2,8	6,8–14,0	6,0–14,0
	3	195–200	– 30 – 60	0,4–0,5	6 – 7,0	2,2–2,8	6,0–13,0	5,6–13,8
II-a	2	200–205	–100 –110	0,4–0,5	5,2 –10,0	1,6–3,8	7,2–10,0	8–14
	3	195–203	–100 –100	0,4–0,5	0,64– 6,8	1,6–3,8	6,0–22,4	7,0–31,4
III-a	2	200–210	– 40 – 45	0,4	5,0 –10,0	4,0–11,6	11,2–36,0	15,2–61,8
	3	180–205	– 30 – 50	0,4	5,0 – 9,0	3,2–10,8	13,7–14,4	24,0–16,4
IV-a	2	130–160	– 40 – 60	0,5	8 –12,0	2,4–6,3	6,5–15,9	8,9–18,1
	3	130–135	– 40 – 75	5,0	8 – 9,0	1,8–2,5	5,1–30,3	8,0–35,4
V-a	2	230–230	– 30 – 60	2 –2,5 0,5–0,55	8,2 –11,0	2,4–3,3	5,8–19,6	9,6–21,2
	3	200–210	– 50 – 60	2,0–2,5 0,5–0,55	4,0 – 9,1	2,0–2,2	6,4–16,1	9,6–17,8

— s-au făcut numeroase modificări acolo unde aburul era utilizat pentru termoficare, folosindu-se în locul lui apa de la purjele continue, precum şi un control exigent la ejectoarele de păcură, limitîndu-se cantitatea de abur necesar ţinerii în funcţiune a acestora;

— s-au înlocuit debitmetrele de pe purjele continue modificîndu-se scala de la 20 t/h la 5 t/h pentru a se elimina o serie de erori în citiri.

Toate aceste măsuri de ordin organizatoric au dus la micşorarea pierderilor de condensat de la 10% la 3% pe centrală. Măsurile luate nu au fost însă suficiente pentru a menţine normele de calitate ale aburului; de aceea s-a mers mai departe, căutînd să se pună în aplicare şi a doua măsură, aplicarea desilicierii apei epurate.

Au fost încercate trei metode de desiliciere:

1. Cu ajutorul dolomitei arse.

2. Cu ajutorul sulfatului de aluminiu şi sodei caustice.

3. Cu ajutorul sulfatului feros şi apei de var.

Prima metodă a fost experimentată timp de două luni şi a dat rezultate bune, în sensul că s-a obţinut o desiliciere a apei epurate de circa 40–45%, filtrul cu dolomita fiind uşor de regenerat printr-o spălare cu apă în contracurent.

Deoarece după o perioadă de două luni de funcţionare, dolomita şi-a pierdut calitatea de reţinere a siliciului, metoda a fost abandonată.

Ultimele două metode au dat şi ele rezultate satisfăcătoare, obţinîndu-se o desiliciere de 20–30% a apei de adaos; în schimb a rezultat o mărire a conţinutului de săruri în apa de adaos cu circa 250%. De observat că prin această desiliciere, apa de adaos se îmbogăţeşte în ioni aluminiu, fier, sulfaţi, elemente nefavorabile maselor cationice şi agregatului de cazan.

În continuare, pentru îmbunătăţirea calităţii aburului s-a trecut la montarea la cazanul nr. 3 a dispozitivelor pentru spălarea aburului prin barbotaj. De observat că aceste cazane sînt prevăzute doar cu dispozitive mecanice de separare.

Montarea dispozitivelor de spălare a aburului nu a modificat construcţia vaporizării în trepte; aburul care pleacă cu umiditatea apei din cazan, trecînd prin stratul apei de alimentare, pierde din conţinutul de săruri, deoarece particulele apei de alimentare cu care se umezeşte au un conţinut de săruri mai mic decît apa de cazan.

Datorită existenţei vaporizării în trepte, conţinutul de săruri în apa de cazan treapta I-a este redus, de asemenea şi conţinutul de SiO_2 din aburul saturat din treapta a I-a, este redus înainte de a fi spălat, evitîndu-se astfel impurificarea stratului de spălare a apei de alimentare.

Figura 1 arată schematic dispozitivul montat şi drumul pe care-l parcurge aburul în cursul spălării sale de către apa de alimentare.

Tabela 1

la cazanele 2 şi 3

cazan			Abur					
Conţinut de săruri mg/l			SiO_2 mg/l			Conţinut de săruri mg/l		
Tr. I	Tr. II stg.	Tr. II drp.	Sat. stg.	Sat. drp.	S încălz.	Sat. stg.	Sat. drp.	S încălz.
80–85	246– 290	340– 400	0,04–0,063	0,05–0,07	0,04–0,063	0,48–0,80	0,50–0,63	0,52–0,61
52–78	300– 269	280– 420	0,006–0,016	0,007–0,016	0,006–0,016	0,60–0,82	0,52–0,73	0,54–0,82
72–110	233– 590	310– 470	0,038–0,067	0,04–0,064	0,038–0,067	0,48–0,72	0,52–0,68	0,72–0,86
52–80	225–1 750	205–1 680	0,008–0,016	0,010–0,02	0,008–0,016	0,67–0,84	0,40–0,64	0,54–0,72
75–90	300– 700	330– 600	0,06–0,20	0,08–0,21	0,06–0,20	0,80–0,60	0,65–0,90	0,72–0,90
50–90	700–1 800	200–1 600	0,014–0,066	0,03–0,078	0,014–0,066	0,50–0,86	0,68–0,80	0,75–0,92
78–260	164– 470	300– 680	0,052–0,10	0,06–0,14	0,052–0,10	0,66–1,06	0,50–0,84	0,50–0,94
40–78	148– 960	300–1 000	0,01–0,02	0,018–0,024	0,01–0,02	0,62–0,74	0,48–1,42	0,62–0,92
28–70	200– 560	360– 700	0,06–0,08	0,048–0,09	0,06–0,08	0,50–0,70	0,52–0,62	0,66–0,74
50–70	200–1 000	400– 900	0,01–0,024	0,028–0,029	0,01–0,024	0,55–0,68	0,52–0,62	0,52–0,68

Pentru verificarea eficacităţii funcţionării instalaţiei de spălare a aburului prin barbotaj montat la cazanul nr. 3, s-au efectuat în luna mai 1959 încercări termochimice în paralel cu cazanul nr. 2 (care nu avea încă montate dispozitive de spălare), în sensul comparării calităţii aburului la aceiaşi parametri de funcţionare a cazanelor, executîndu-se cinci încercări în regimuri diferite de funcţionare. La fiecare încercare s-au urmărit o serie de factori, ca :

— regimul de ardere la cele două cazane ;
— variaţia nivelului de apă din tambur ;
— temperatura aburului supraîncălzit ;
— indicaţiile salinometrului pentru conţinutul de săruri în abur (exprimate în clorură de sodiu).

Au fost executate următoarele analize : determinarea conţinutului de SiO_2 şi săruri din apa de alimentare, din compartimentele saline şi curate, precum şi în aburul supraîncălzit şi saturat.

Fiecare regim propus a fost menţinut 5—6 ore.

În tabela 1 sînt arătate condiţiile de experimentare şi rezultatele obţinute în cadrul celor cinci încercări termochimice care s-au efectuat la cazanele nr. 2 şi nr. 3. Diagramele figurilor 2, 3, 4, 5 şi 6 arată evoluţia valorilor în cursul încercărilor.

a) Scopul încercării nr. 1 a fost determinarea eficacităţii dispozitivului de spălare a aburului prin barbotaj la nivelul de 50 mm al apei în cazan. Din tabela 1 reiese că, pentru aceeaşi sarcină şi pentru valori egale ale indicilor chimici, conţinutul aburului supraîncălzit la cazanul nr. 3 a fost de 0,016 mg/l SiO_2, faţă de 0,063 mg/l pentru cazanul nr. 2, la un procent de purjă de două ori mai mic.

b) Din încercarea nr. 2 reiese că, menţinînd un nivel mai coborît al apei în cazan calitatea aburului se îmbunătăţeşte în sensul micşorării la jumătate a conţinutului total de săruri — 0,02 mg/l faţă de 0,044 mg/l, cît era la prima încercare, determinat prin metoda concentrării prin mase cationice.

c) Încercarea nr. 3 scoate în evidenţă faptul că înrăutăţirea calităţii apei de alimentare şi apei de cazan atrage evident şi impurificarea accentuată a aburului, cu toate că purjele s-au menţinut, la ambele cazane, la valori de 1%.

d) În cadrul încercării nr. 4 s-a verificat eficacitatea dispozitivului de spălare prin barbotaj a aburului la cazanul nr. 3 la sarcina de 130 t/h.

Din tabela 1 se vede că, în tot timpul încercării cazanul nr. 3 a funcţionat cu un abur în limitele prescripţiilor de exploatare, pe cînd cazanul nr. 2 nu a putut respecta normele de calitate ale aburului.

e) Încercarea nr. 5 scoate în evidenţă că prin mărirea conţinutului de SiO_2 în apa de alimentare la o valoare de peste 2,2 mg/l, se obţine o înrăutăţire simţitoare a calităţii aburului, depăşind prescripţiile de exploatare.

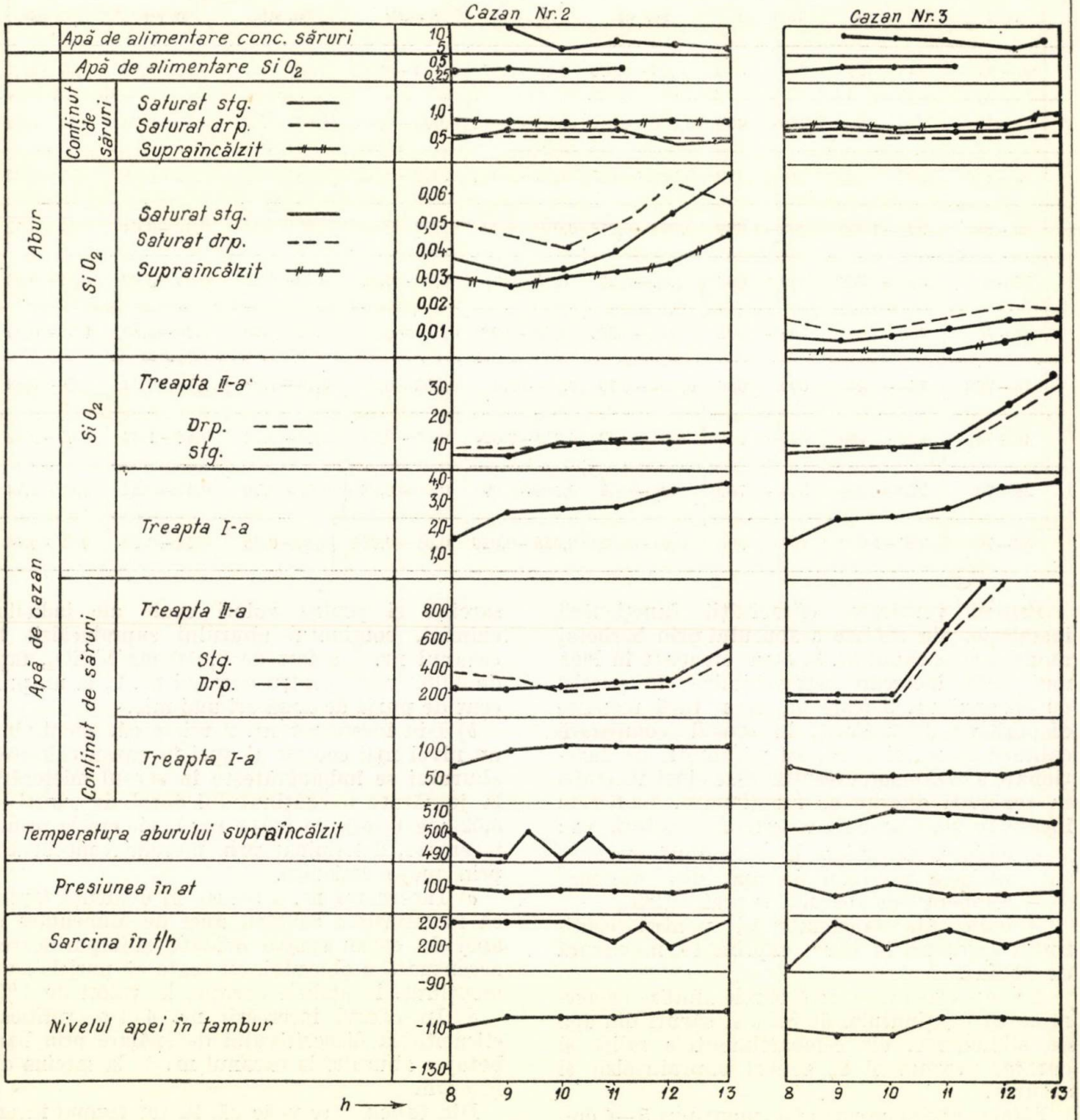


Fig. 3. Încercarea nr. 2.

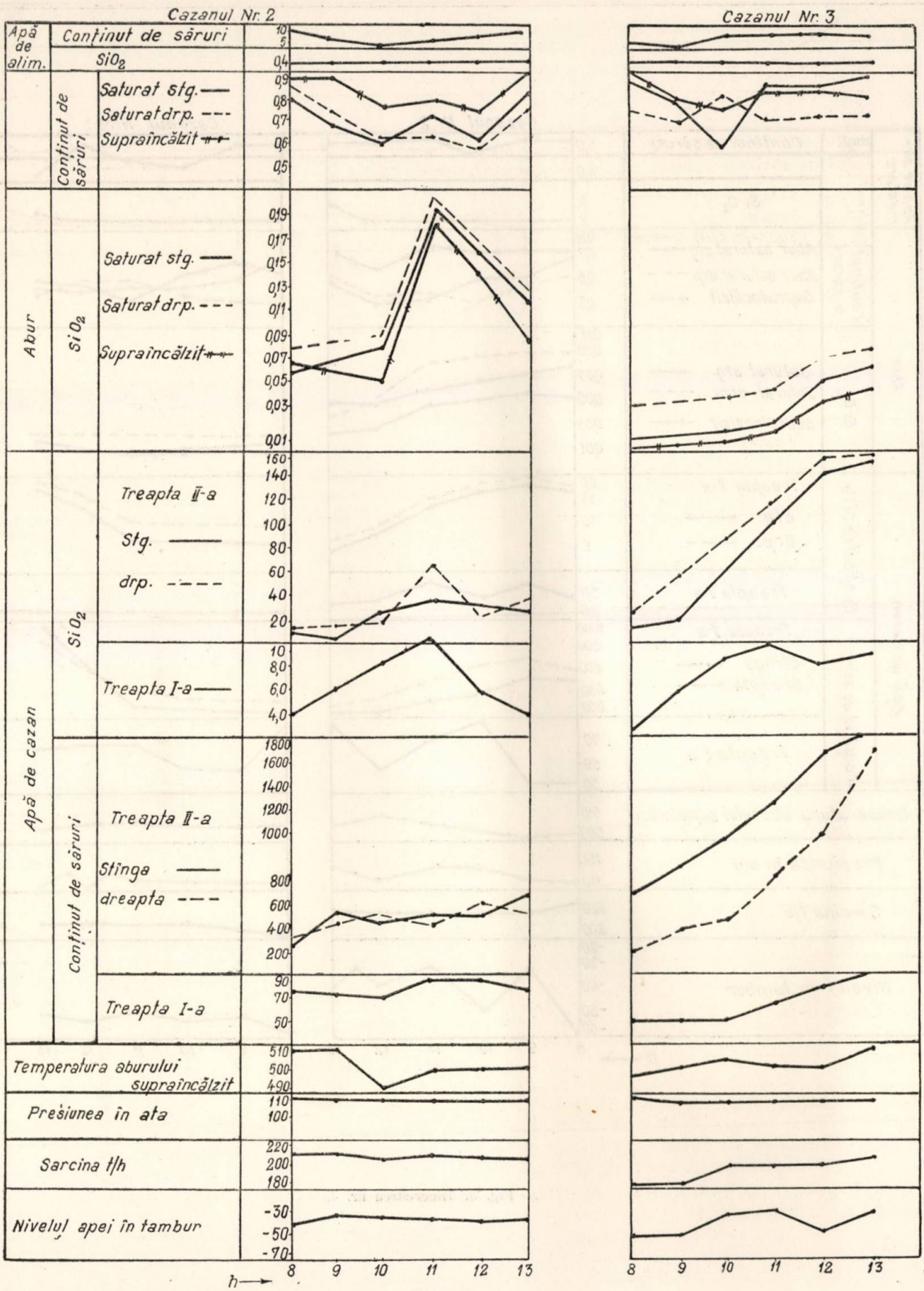


Fig. 4. Încercarea nr. 3.

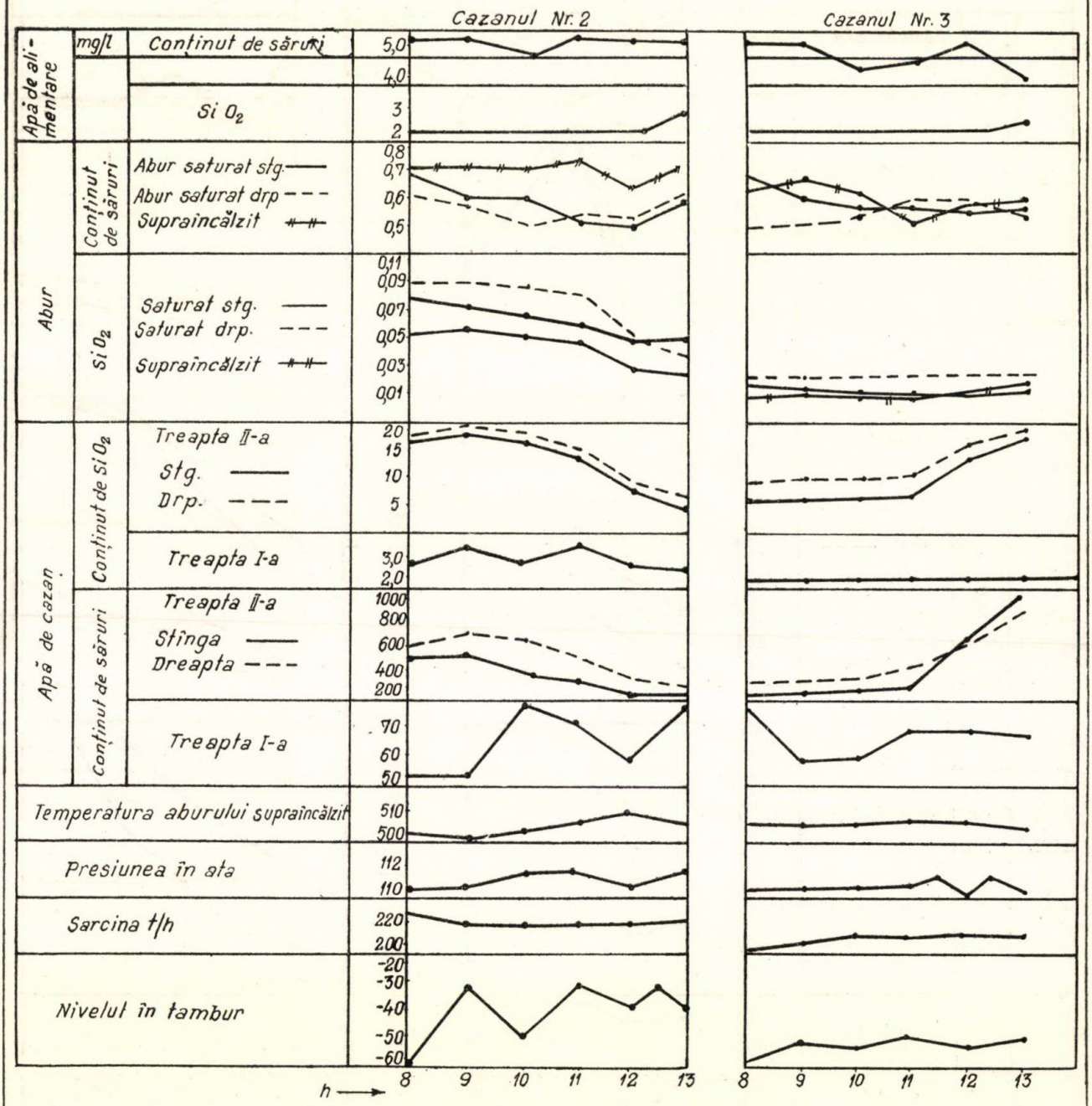


Fig. 5. Încercarea nr. 4.

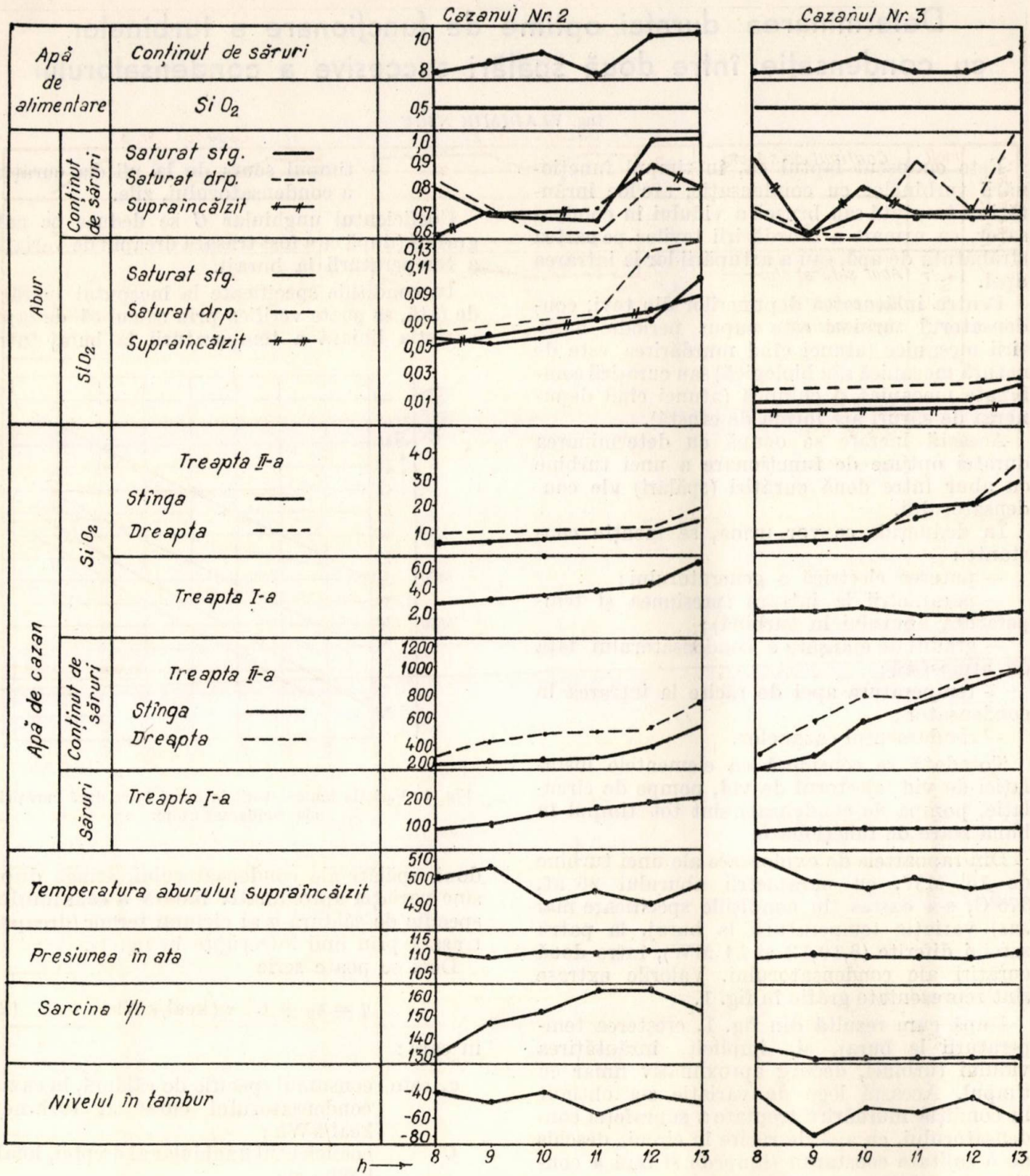


Fig. 6. Încercarea nr. 5.

Concluzii

1. Reducerea pierderilor mecanice de abur și condensat, precum și montarea dispozitivelor de spălare prin barbotaj a aburului, rezolvă problema calității aburului supraîncălzit în condițiile de la T. C. Paroșeni.

2. Pentru a obține un conținut de SiO_2 în aburul supraîncălzit de 0,025 mg/l este necesar să se mențină următorii indici:

— 80 — 100 mg/l conținutul de săruri în compartimentul curat;

— 800 — 1 000 mg/l conținutul de săruri în compartimentul salin;

— 0,5% purjă.

Determinarea duratei optime de funcţionare a turbinelor cu condensaţie între două spălări succesive a condensatorului

Ing. *VLADIMIR NICU*

Este cunoscut faptul că, în timpul funcţionării turbinelor cu condensaţie, are loc înrăutăţirea treptată sau bruscă a vidului în condensator, ca urmare a murdăririi ţevilor pe partea străbătută de apă, sau a astupării lor la intrarea apei.

Pentru înlăturarea depunerilor din ţevi, condensatorul turbinei este supus periodic curăţirii mecanice (atunci cînd murdărirea este de natură mecanică sau biologică) sau curăţirii combinate mecanică şi chimică (atunci cînd depunerea de săruri are forma de crustă).

Această lucrare se ocupă cu determinarea duratei optime de funcţionare a unei turbine cu abur între două curăţiri (spălări) ale condensatorului.

În deducţiile ce vor urma, se menţin constante :

— puterea electrică a generatorului ;

— parametrii la intrare (presiunea şi temperatura aburului în turbină) ;

— gradul de etanşare a condensatorului faţă de atmosferă ;

— temperatura apei de răcire la intrarea în condensator ;

— randamentul cazanelor.

Totodată se consideră că elementele instalaţiei de vid (ejectorul de vid, pompe de circulaţie, pompa de condensat) sînt tot timpul în bună stare de funcţionare.

Din rapoartele de exploatare ale unei turbine de 15 MW, cu parametrii aburului 26 at, 375°C, s-a extras (în condiţiile specificate mai sus) variaţia temperaturii la buraj, la patru sarcini diferite (8,10,12 şi 14 MW), între două curăţiri ale condensatorului. Valorile extrase sînt reprezentate grafic în fig. 1.

După cum rezultă din fig. 1, creşterea temperaturii la buraj, şi, implicit, înrăutăţirea vidului turbinei, decurg aproximativ liniar cu timpul. Această lege de variaţie s-a obţinut în condiţia murdăririi treptate a suprafeţei condensatorului, cu apă de răcire în circuit deschis de o calitate constantă (limpede şi fără a conţine corpuri mecanice în suspensie).

În aceste condiţii, variaţia temperaturii la buraj t_2 va fi dată de relaţia liniară

$$t_{21} = t_{20} + C \cdot \tau \ [°C] \qquad (1)$$

în care :

t_{20} este temperatura la buraj în starea curată a condensatorului, la o sarcină dată, °C ;

C — coeficientul unghiular al dreptei, °C/zi ;

τ — timpul scurs de la ultima curăţire a condensatorului, zile.

Coeficientul unghiular C se deduce pe cale grafică (după ce a fost trasată dreapta de variaţie a temperaturii la buraj).

În condiţiile specificate la începutul lucrării de faţă, se poate verifica prin calcul că, de fapt, variaţia liniară a temperaturii la buraj între

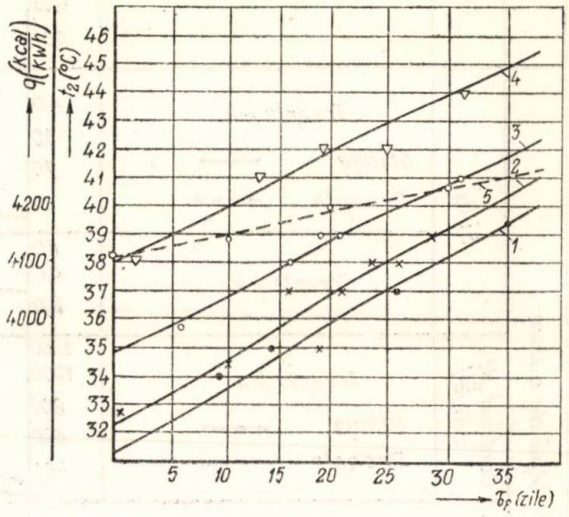


Fig. 1. Variaţia temperaturii la buraj între două curăţiri ale condensatorului.

două spălări ale condensatorului, atrage după sine variaţia aproximativ liniară a consumului specific de căldură q al ciclului termic (dreapta trasată prin linii întrerupte în fig. 1).

Deci se poate scrie

$$q = q_0 + C' \tau \ [\text{kcal/kWh}] \qquad (2)$$

în care :

q_0 este consumul specific de căldură, în cazul condensatorului curat al turbinei, kcal/kWh ;

C' — coeficientul unghiular al dreptei, kcal/kWh. zi ;

τ — timpul scurs de la ultima curăţire a condensatorului, zile.

Alegînd un anumit interval de funcţionare τ_{f1} corespunzător consumului specific înrăutăţit pe centrală q_1, datorită creşterii temperaturii la buraj de la valoarea t_{20} la valoarea t_{21}, coeficientul C' va fi egal cu

$$C' = \frac{q_1 - q_0}{\tau_{f1}} \text{ kcal/kWh. zi} \qquad (3)$$

Făcînd în (3) înlocuirile

$$q_1 = \frac{860}{\eta_{el\cdot r}\,\eta_c\,\eta_{cd}}\left(\frac{i_1 - \bar{t}_{c_1}}{i_1 - i_{21}}\right), \qquad (3,a)$$

$$q_0 = \frac{860}{\eta_{el\cdot r}\,\eta_c\,\eta_{cd}}\left(\frac{i_1 - \bar{t}_{c_0}}{i_1 - i_{20}}\right), \qquad (3,b)$$

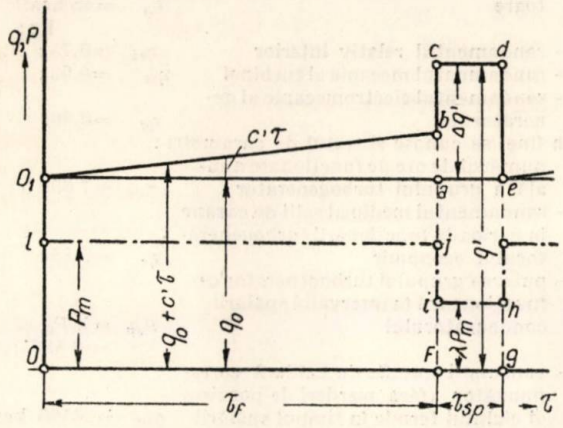


Fig. 2. Diagramă pentru stabilirea funcţiei consumului specific mediu de căldură.

expresii care corespund unei centrale cu pură condensaţie [1], se obţine :

$$C' = \frac{\frac{860}{\eta_{el\cdot r}\,\eta_c\,\eta_{cd}}\left(\frac{i_1 - \bar{t}_{c_1}}{i_1 - i_{21}} - \frac{i_1 - \bar{t}_{c_0}}{i_1 - i_{20}}\right)}{\tau_{f_1}} \text{ [kcal/kWh·zi]} \quad (4)$$

unde :

$\eta_{el\cdot r}$ este randamentul electric relativ al grupului turbogenerator ;
η_c — randamentul cazanelor ;
η_{cd} — randamentul conductelor ;
i_1 — entalpia aburului la intrare în turbină, kcal/kg ;
t_{c_1} — entalpia condensatului la temperatura de buraj t_{21}, kcal/kg ;
i_{21} — entalpia teoretică a aburului la intrarea în condensator la temperatura de buraj t_{21}, kcal/kg ;
t_{c0} — entalpia condensatului la temperatura de buraj t_{20}, kcal/kg ;
i_{20} — entalpia teoretică a aburului la intrarea în condensator la temperatura de buraj t_{20}, kcal/kg.

Entalpia aburului i_1 se determină în funcţie de parametrii aburului la intrarea în turbină (presiunea şi temperatura), iar entalpiile i_{21} şi i_{20} pe curba expansiunii aburului, în dreptul presiunii din condensator corespunzătoare, determinată de temperatura la buraj t_{21} şi respectiv t_{20}, folosind în acest scop diagrama i,S.

În perioada de spălare τ_{sp} a condensatorului, puterea grupului oprit va fi acoperită de unul sau mai multe grupuri cu puterea totală λP_m mai puţin economic. Durata spălării fiind mai mică decît 24 ore, coeficientul λ este mai mic ca 1 şi poate atinge 0,6 dacă pentru spălare se folosesc golurile de sarcină (spre exemplu duminica).

Conform graficului din fig. 2, cosumul total de căldură dintr-o perioadă completă $\tau_f + \tau_0$ poate fi descompus în următoarele elemente :

— datorită creşterii temperaturii la buraj de la valoarea t_{20} la valoarea t_{2f} [aria triunghiulară $o_1\,a\,b$ rezultată din integrarea termenului variabil al relaţiei (2)] :

$$|\Delta Q|_{t_{20}}^{t_{2f}} = 24 \cdot C' \cdot P_m \int_0^{\tau_f} \tau\,\mathrm{d}\tau = 12\,C'\,P_m \cdot \tau_f^2 \text{ [kcal]} ; \qquad (5)$$

— datorită pornirii şi funcţionării agregatelor (cazane şi turbine) de economicitate mai mică (aria dreptunghiulară $a-e-d-c$) :

$$\Delta Q_{t_{20}} = 24 \cdot q_0 \cdot P_m \cdot \tau_f \text{ [kcal]} ; \qquad (6)$$

— datorită funcţionării turbogeneratorului economic cu condensatorul turbinei curat (aria dreptunghiulară $o-f-a-o$) :

$$\Delta Q_{t_{20}} = 24 \cdot q_0 \cdot P_m \cdot \tau_f \text{ [kcal]} ; \qquad (7)$$

— datorită funcţionării grupului turbogenerator mai puţin economic la consumul specific de căldură al grupului turbogenerator economic (aria dreptunghiulară $a-e-g-f$) ;

$$\Delta Q_0 = 24 \cdot \lambda \cdot P_m \cdot q_0 \cdot \tau_{sp} \text{ [kcal]} \cdot \qquad (8)$$

În expresiile (5), (6), (7) şi (8) cifra 24 apare ca factor, deoarece timpul de funcţionare τ_f şi timpul de spălare τ_{sp} s-au luat în zile ; în aceleaşi expresii puterea P_m se ia în kW, iar consumurile specifice de căldură în kcal/kWh.

Notînd expresia $q_0 + \Delta q'$ cu q' şi însumînd cantităţile de căldură date de expresiile (5).... ....(8), se obţine consumul total de căldură Q_Σ pe intervalul $\tau_f + \tau_{sp}$:

$$Q_\Sigma = P_m(12 \cdot C' \cdot \tau_f^2 + 24 \cdot q_0 \cdot \tau_f + 24 \cdot \lambda \cdot q' \cdot \tau_{sp}) \text{ [kcal]}. \qquad (9)$$

Pe acelaşi interval, energia electrică produsă (suma ariilor dreptunghiulare $o-f-j-l-$şi $f-g-h-i$) este :

$$E = 24 \cdot P_m\,(\tau_f + \lambda \cdot \tau_{sp}) \text{ [kWh]}. \qquad (10)$$

Consumul specific de căldură mediu pe centrală va fi :

$$q_m = \frac{Q_\Sigma}{E} = \frac{\frac{1}{2}C' \cdot \tau_f^2 + q_0 \cdot \tau_f + \lambda \cdot q' \tau_{sp}}{\tau_f + \lambda \tau_{sp}} \text{ [kcal/kWh]}. \quad (11)$$

Valorile λ şi τ_{sp} fiind practic constante, consumul specific q_m este o funcţie de τ_f cu forma din fig. 3.

Valoarea minimă $(q_m)_{min}$ a funcției (11) se obține pentru un interval optim (τ_{f_0}) stabilit prin anularea derivatei întîia în raport cu τ_f:

$$\left(\frac{dq_m}{d\tau_f}\right)_{\tau_f=\tau_{f_0}} = \frac{\frac{1}{2}C'\tau_{f0}^2 + \lambda\cdot C'\cdot\tau_{sp}\cdot\tau_{f0} - \lambda\cdot\Delta q'\cdot\tau_{sp}}{(\tau_{f_0}+\lambda\cdot\tau_{sp})^2} = 0. \quad (12)$$

Rădăcina pozitivă $(\tau_{f_0} > 0)$ a ecuației de gradul doi [numărătorul expresiei (12)]:

$$C'\cdot\tau_{f_0}^2 + 2\cdot\lambda\cdot C'\cdot\tau_{sp}\cdot\tau_{f_0} - 2\cdot\lambda\cdot\Delta q'\cdot\tau_{sp} = 0,$$

reprezintă timpul optim de funcționare, a cărui expresie este:

$$\tau_{f_0} = \frac{-\lambda\cdot C'\cdot\tau_{sp} + \sqrt{(\lambda\cdot C'\cdot\tau_{sp})^2 + 2\cdot\lambda\cdot C'\cdot\Delta q'\cdot\tau_{sp}}}{C'}$$

[zile]. (13)

Înlocuind pe τ din relația (1) prin τ_{f_0} dat de relația (13), se obține temperatura la buraj în momentul cînd turbogeneratorul trebuie oprit pentru spălarea condensatorului:

$$t_2' = t_{20} + C\cdot\tau_{f_0}\,[°C]. \quad (14)$$

Numărul de spălări pe an ale condensatorului turbinei grupului turbogenerator va fi dat de raportul:

$$n_{sp} = \frac{\tau_{an}}{\tau_{f_0}}, \quad (15)$$

unde τ_{an} reprezintă numărul de ore de funcționare anuală.

Se observă că dacă nu se ține seama de timpul optim de funcționare τ_{f_0}, ceea ce ar corespunde unui număr de spălări pe an ale condensatorului mai mic sau mai mare ca cel dat de relația (15), atunci, în raport cu producția anuală de energie E_{an} kWh a grupului turbogenerator respectiv, se va produce următorul supraconsum de combustibil convențional:

$$\Delta B = \frac{E_{an}\,[q_m - (q_m)_{min}]}{7\,000}\ [kg/cm^3]. \quad (16)$$

Pentru grupurile turbogeneratoare cu turbină cu condensație și prize, toate deducțiile de mai sus se vor referi la cota parte de putere dezvoltată de debitul de abur intrat în condensator.

Exemplu numeric

Se dau:

- puterea medie a grupului turbogenerator $P_m = 14$ MW;
- presiunea la intrarea în turbină $p_1 = 26$ at;
- temperatura la intrarea în turbină $t_1 = 375°C$;
- temperatura apei de răcire la intrarea în condensator $t_{apă\ răcire} = 19°C$;

La parametrii de mai sus se cunosc:

- temperatura la buraj în starea curată a condensatorului $t_{20} = 38°C$;
- entalpia condensatului corespunzătoare $\bar{t}_{c_0} = 36$ kcal/kg;
- temperatura la buraj, după 35 zile de funcționare a grupului turbogenerator $t_{21} = 45°C$;
- entalpia condensatului corespunzătoare $\bar{t}_{c_1} = 43$ kcal/kg;
- randamentul relativ interior $\eta_{ri} = 0{,}75$;
- randamentul mecanic al turbinei $\eta_m = 0{,}98$;
- randamentul electromecanic al generatorului $\eta_g = 0{,}96$.

În fine, se cunosc și restul de parametri:

- numărul de ore de funcționare anuală a grupului turbogenerator $\tau_{an} = 7\,000$ h;
- randamentul mediu al sălii de cazane în perioada funcționării turbogeneratorului economic $\eta_c = 0.88$;
- puterea grupului turbogenerator ce funcționează în intervalul spălării condensatorului $P_{sp} = \lambda P_m = 8$ MW;
- consumul specific de căldură corespunzător (fără pierderi de pornire) al ciclului termic în timpul spălării $q_{sp} = 6500$ kcal/kWh;
- consumul de pornire de la rece a două cazane și o turbină $Q_p = 14{,}25$ Mk/cal;
- randamentul conductelor $\eta_{cd} = 0{,}98$;
- timpul de funcționare între două spălări ale condensatoarelor $\tau_f = 35$ zile.

Cu datele de mai sus și cele extrase din tabele și diagrama i, S se calculează:

— randamentul termoelectric [din relațiile (3), (3, b) sau (4)];

$$\eta_{el\cdot r}\cdot\eta_c\cdot\eta_{cd} \equiv \eta_{ri}\cdot\eta_m\cdot\eta_g\cdot\eta_c\cdot\eta_{cd} = 0{,}75\cdot 0{,}98\,.\,0{,}96\,.$$

$$\cdot 0{,}88\,.\,0{,}98 = 0{,}608;$$

— consumul specific de căldură realizat de ciclul termic în cazul condensatorului curat al

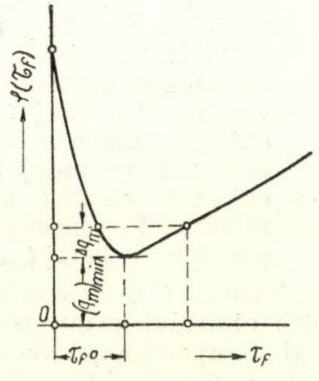


Fig. 3. Variația funcției $\varphi\ (\tau f)\ (qm)$.

grupului turbogenerator economic [relația (3, b)]:

$$q_0 = \frac{860}{0{,}608}\left(\frac{759-36}{759-510{,}5}\right) = 4\,110\ \text{kcal/kWh};$$

— coeficientul unghiular C' [relația (4)]:

$$C' = \frac{\frac{860}{0{,}608}\left(\frac{759-43}{759-521} - \frac{759-36}{759-510{,}5}\right)}{35} =$$

$$= 4{,}05 \text{ kcal/kWh.zi};$$

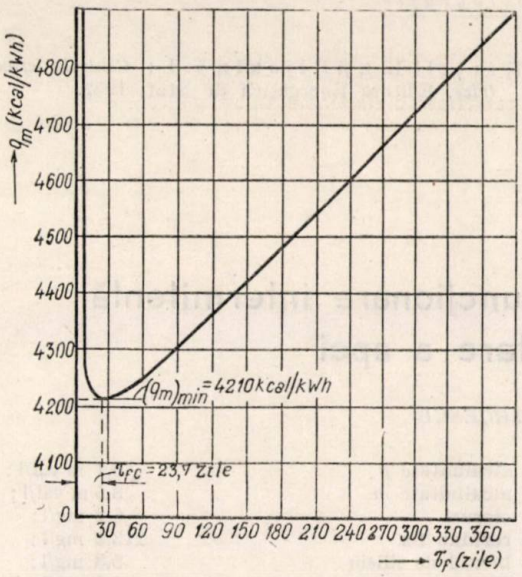


Fig. 4. Reprezentarea grafică a funcției (11) pentru exemplul dat.

— raportul dintre puterea grupurilor pornite și a grupului oprit:

$$\lambda = \frac{8}{14} = 0{,}571;$$

— timpul de spălare exprimat în zile:

$$\tau_{sp} = \frac{20}{24} = 0{,}834 \text{ zile};$$

— consumul specific de căldură în perioada spălării condensatorului (q' — fig. 2):

$$q' = q_{sp} + \Delta q_p,$$

în care:

$$\Delta q_p = \frac{\Delta Q_p}{P_x \cdot \tau_{sp}} = \frac{14{,}25\ 10^6}{8\,000 \cdot 20} = 90 \text{ [kcal/kWh]}.$$

Deci:

$$q' = 6\,500 + 90 = 6\,590 \text{ [kcal/kWh]};$$

— funcția consumului specific de căldură mediu [relația (11)]:

$$q_m = \varphi(\tau_f) = \frac{\frac{1}{2} \cdot 4{,}05 \cdot \tau_f^2 + 4\,110\,\tau_f + 0{,}571 \cdot 6\,590 \cdot 0{,}834}{\tau_f + 0{,}571 \cdot 0{,}834} =$$

$$= \frac{2{,}05 \cdot \tau_f^2 + 4\,110\,\tau_f + 3\,140}{\tau_f + 0{,}476} \text{ [kcal/kWh]},$$

a cărei reprezentare grafică este dată în fig. 4;

— timpul optim de funcționare [relația (15)]:

$$\tau_{fo} = \frac{-0{,}571 \cdot 4{,}05 \cdot 0{,}834 + \sqrt{(0{,}571 \cdot 4{,}05 \cdot 0{,}834)^2 + 2 \cdot 0{,}571 \cdot 4{,}05 \cdot 2\,480 \cdot 0{,}834}}{4{,}05} =$$

$$= 23{,}7 \text{ [zile]}.$$

În relația (15) apare termenul Δ_q' (fig. 2) care reprezintă diferența dintre consumul specific de căldură total (inclusiv pierderile de pornire) în perioada spălării condensatorului și consumul specific de căldură realizat la funcționarea turbogeneratorului economic cu condensatorul curat:

$$\Delta q' = q' - q_0 = 6\,590 - 4\,110 = 2\,480 \text{ [kcal/kWh]}.$$

Se observă că timpul optim de funcționare determinat pe calea grafică și pe calea analitică este același. Metoda analitică este preferabilă, deoarece scurtează timpul de lucru;

— temperatura la buraj în momentul opririi grupului turbogenerator pentru spălarea condensatorului [relația (14)]:

$$t_2' = 38 + C \cdot 23{,}7 \text{ [°C]},$$

unde C reprezintă (conform exemplului ales) panta dreptei din fig. 1;

$$C = \frac{45-38}{35} = 0{,}2$$

și deci

$$t_2' = 38 + 0{,}2 \cdot 23{,}7 = 42{,}75 \text{ [°C]};$$

— numărul de spălări ale condensatorului în cursul unui an [relația (15)]:

$$n_{sp} = \frac{7\,000}{24 \cdot 23{,}7} = 12{,}4 \text{ ori} \cong 13 \text{ ori}.$$

Dacă se presupune (pentru exemplul de față) cazul că în exploatare condensatorul va fi spălat la intervale de 60 de zile, atunci conform graficului din fig. 4, se va produce următorul supraconsum anual de combustibil convențional [relația (16)]:

$$\Delta B = \frac{14.7 \cdot 10^6\ (4\,250 - 4\,210)}{7\,000} = 560\,000 \text{ [kg/cm}^3\text{]}.$$

Concluzii

Oprirea grupurilor turbogeneratoare cu turbine cu condensație pentru spălarea condensatorului de depuneri la intervale optime de funcționare, poate să conducă în fiecare cen-

trală termoelectrică în parte şi pe ansamblul unui sistem electroenergetic la importante economii anuale de combustibil.

Datorită faptului că într-o centrală termoelectrică se cunosc condiţiile ce apar la oprirea grupurilor turbogeneratoare pentru spălarea condensatoarelor şi cele legate de funcţionarea continuă a acestora, se poate stabili cu uşurinţă funcţia consumului specific de căldură mediu [relaţia (11)], din care se deduce timpul optim de funcţionare.

În cazul cînd legea de variaţie a temperaturii la buraj nu este lineară, curba experimentală se aproximează analitic. Pentru acest caz se recomandă procedeul grafic de determinare a timpului optim de spălare.

Bibliografie

[1] Kerţeli L. I. şi Rijokin V. I.: *Centrale termoelectrice*. Editura Energetică de Stat, 1952.

Experienţa de exploatare cu funcţionare intermitentă a instalaţiei de tratare a apei

Ing. *VALENTINA MIRCESCU*

CTE Comăneşti posedă o instalaţie de tratare a apei care, conform proiectului, are următoarea schemă.

Apa brută este pompată în secţia de epurare chimică preîncălzită la 40—45°C. Ea este limpezită prin coagulare, cu sulfat de aluminiu şi sodă caustică şi filtrată mineral. Filtrarea natriu-cationică se execută în două trepte, compuse din patru filtre cationice şi un filtru tampon, al căror material filtrant este sulfcărbunele, regenerat cu soluţie de clorură de sodiu. Debitul instalaţiei a fost proiectat la 100 t/h.

Modificîndu-se schema de funcţionare de la centrala termo-electrică cu termoficare la centrală termo-electrică cu condensaţie, instalaţia de tratare a apei a fost nevoită să funcţioneze la un debit extrem de redus, respectiv 70—80 tone în 24 de ore.

Aceasta a adus după sine o funcţionare intermitentă a echipamentului de tratare a apei, provocînd o serie de neajunsuri în exploatare.

Pentru exemplificare, dăm mai jos analiza chimică a apei brute şi a apei tratate:

Caracteristicile chimice ale apei brute (Trotuş oct. 1959):

— duritate totală	10,8° d;
— duritate temporară	9,24° d;
— duritate permanentă	1,56° d;
— alcalinitate *p*	0,1 m val/l;
— alcalinitate *m*	3,3 m val/l;
— cloruri	6,2 mg/l;
— reziduu fix	217,5 mg/l;
— bioxid de siliciu	5,6 mg/l;
— fier	0,17 mg/l
— impurităţi coloidale	0,67 mg/l.

Apa tratată are următoarele caracteristici medii:

— duritate totală după treapta I-a de filtrare natriu-cationică	23 μg echiv/l
— duritate totală după treapta a II-a de filtrare natriu-cationică	16—19 μg echiv/l;
— alcalinitate *p*	0,1 m val/l;
— alcalinitate *m*	3,5 m val/l;
— cloruri	6,2 mg/l;
— reziduu fix	213,3 mg/l;
— bioxid de siliciu	5,3 mg/l;
— fier	0,3 mg/l;
— impurităţi coloidale	lipsă.

Se observă că în ceea ce priveşte conţinutul de săruri de calciu şi magneziu, capacitatea de reţinere a sulfo-cărbunelui este redusă, datorită faptului că apa stagnează în filtrele cationice şi în întreaga instalaţie 7—8 ore, cu excepţia zilelor cînd se efectuează regenerări. Apa epurată ar fi trebuit să conţină după filtrul tampon o cantitate mai mică de săruri de calciu şi magneziu, respectiv 5—10 μg echiv/l ; acest lucru însă nu se realizează.

În urma experienţelor făcute cu mai multe filtre cationice, rezultă: capacitatea utilă de schimb a filtrelor cationice este mult mai mică la o funcţionare intermitentă decît la o funcţionare continuă.

Astfel, două filtre cationice, regenerate în prealabil, au fost puse în funcţiune continuă, respectiv intermitentă, cu debite diferite: unul cu 10 t/h şi celălalt cu 30 t/h, apa tratată fiind dată în parte în circuitul centralei, iar în parte la canal. Constatările sînt prezentate în diagramele din fig. 1 şi fig. 2.

Experienţele au arătat că în cazul funcţionării continue a ambelor filtre, capacitatea de reţinere a maselor a avut valoarea:

$$Qut = (3{,}8 - 0{,}019) \cdot 270 = 1\,020{,}87 \text{ echiv.},$$

iar în cazul funcţionării periodice, la aceleaşi debite şi aceleaşi filtre:

$$Qut = (3{,}8 - 0{,}019) \cdot 150 = 567{,}15 \text{ echiv.}$$

Rezultă că şi capacitatea utilă a maselor se reduce prin funcţionarea intermitentă.

Totodată, datorită ciclului de funcționare redus crește și consumul specific de sare, deoarece crește și numărul regenerărilor; astfel, consumul de sare a crescut de la 40 g/t grad, la 80—90 g/t grad, care este consumul specific

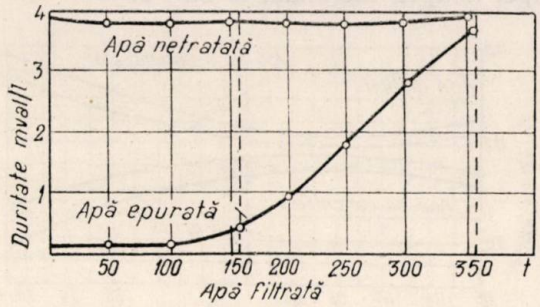


Fig. 1. Funcționarea continuă a filtrelor cationice

actual. Pentru a obține un randament mai bun s-a folosit metoda de regenerare cu spălare intermediară, care a dat rezultate mulțumitoare.

Un alt neajuns care se datorează în parte funcționării intermitente a instalației, îl prezintă coagularea care funcționează numai atunci cînd apa brută este tulbure. Dozatoarele nu au membrană de cauciuc care să separe cele două fluide (soluția de reactiv și apa de impuls); în timpul cînd stația nu funcționează, soluția de sulfat de aluminiu și soluția de hidroxid de sodiu se diluează sub limita de concentrație la care apare precipitatul de hidroxid de aluminiu. De aici rezultă că reținerea completă a impurităților coloidale este îngreunată; acestea trec în filtrele cationice și rămîn în sulf-cărbune, ceea ce duce la micșorarea capacității de reținere a filtrelor cationice și la scurtarea duratei de funcționare, prin intrarea lor în revizie după fiecare anotimp ploios.

Funcționarea intermitentă a instalației are drept efect și coroziunea metalului echipamentului. În tabela 1 se dă conținutul de fier, mg/l din ciclul apei.

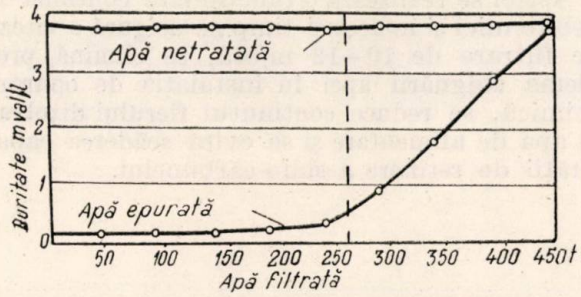


Fig. 2. Funcționarea intermitentă a filtrelor cationice

Din tabelă rezultă că apa tratată conține mai mult fier dizolvat decît apa brută; acest fapt se datorează îmbogățirii apei tratate în fier dizolvat în timpul cît stația nu funcționează. În figura 3 dăm rezultatele încercărilor făcute cu un filtru cationic timp de 24 ore, care a fost pus în funcțiune după 72 ore de stare în rezervă.

La punerea în funcțiune din starea de rezervă conținutul în fier era de 0,8 mg/l; după 1/2 oră, a scăzut pînă la 0,25 mg/l, acesta fiind și conținutul în fier al apei de adaos. De asemenea,

Tabela 1

Data	Apă brută	Apă tratată	Apă bazine drenaj	Apă de alimentare	Condensat principal
Tr. I/1959	0,05	0,10	0,10	0,30	0,03
Tr. II/1959	0,10	0,30	0,25	0,45	0,01
Tr. III/1959	0,10	0,20	0,15	0,10	0,01
Tr. IV/1959	0,05	0,15	0,10	0,10	0,01

la fiecare pornire, se observă o ușoară creștere a conținutului în fier, datorită staționării apei timp de cîteva ore în filtrele cationice. Ca măsură de precauție, înainte de fiecare pornire, filtrele cationice sînt spălate timp de 15 minute în care interval se face controlul durității, al clorurilor etc. Conținutul în fier al

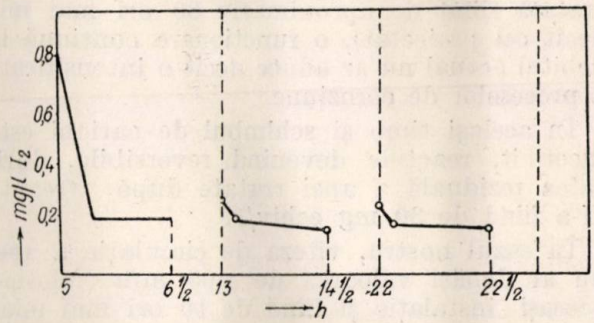


Fig. 3. Variația conținutului în fier din apă tratată la funcționare intermitentă

apei tratate este și în funcție de temperatura apei brute.

Se observă că, în trimestrele I și II/1959, cantitatea de fier din apa de alimentare a fost și mai mare decît în trimestrele III și IV, datorită faptului că temperatura apei brute era de 30—32°C; în același timp s-a încercat și o economie de apă, recuperîndu-se apele de la mesele de probă ale cazanelor, fapt care a fost întrerupt pentru a nu periclita starea cazanelor.

În ceea ce privește coroziunea metalului, viteza de circulație a apei constituie unul din factorii care influențează această coroziune în interiorul conductelor și rezervoarelor din instalația de preparare a apei. Atîta timp cît apa stă în conducte sau rezervoare, fenomenul de coroziune continuă să fie intens la începutul orelor și să descrească către sfîrșit. De remarcat este faptul că, în cazul instalației noastre, pornirea pompelor de apă brută se face la aproximativ 6—7 ore, adică atunci cînd intensitatea

corosivă este mai mare la cele două feluri de ape : brută şi dedurizată Na-cationic. Compuşii fierului transportaţi de apa de alimentare în interiorul cazanului provoacă depuneri aderente care periclitează funcţionarea cazanelor.

Pentru o analiză mai temeinică, vom folosi nomogramele Institutului termotehnic din U.R.S.S. care sînt aplicabile la specificul centralei noastre (fig. 4).

În cazul apei Na-cationizată, practic lipsită de CO_2 liber, odată cu mărirea vitezei de scurgere a lichidului, scade şi viteza de coroziune a metalului, datorită formării unui strat protector de oxizi de fier.

Caracteristic este faptul că influenţa vitezei lichidului la cele patru feluri de ape are valori diferite : în cazul apei distilate şi apei Na-H-cationizată, viteza de coroziune este minimă în jurul cifrei de 0,9 m/s ; în cazul apelor Na-cationizate şi al apei brute, coroziunea este minimă la viteza de 0,7—0,9 m/s.

În situaţia de azi a exploatării instalaţiei de preparare a apei de adaos, datorită faptului că funcţionarea are loc într-un regim cu totul diferit faţă de cel proiectat (debitul de apă tratată fiind de aproximativ 30 ori mai mic decît cel proiectat), o funcţionare continuă la debitul actual nu ar aduce decît o intensificare a proceselor de coroziune.

În acelaşi timp şi schimbul de cationi este încetinit, reacţiile devenind reversibile, duritatea reziduală a apei tratate după treapta II-a fiind de 30 mg echiv/l.

În cazul nostru, viteza de circulaţie a apei nu ar depăşi valoarea de 1,05 m/h (folosind aceeaşi instalaţie şi fiind de 10 ori mai mică decît cea optimă), această viteză contribuind la mărirea conţinutului de fier în apa de alimentare prin efectul corosiv pe care îl au lichidele la viteze mici.

Printre factorii care influenţează coroziunea agregatelor din instalaţiile de tratare a apei, trebuie amintit şi de rolul temperaturii.

În schema de funcţionare conform proiectului, apa brută era preîncălzită pînă la temperatura de 40—45°C. Acest lucru era favorabil într-o funcţionare continuă, însă în situaţia funcţionării intermitente şi, în special, a staginării apei în filtre, în conducte, rezervoare, efectul coroziunii se accentuează.

În situaţia dată, coroziunile ce ar fi survenit dacă apa brută trecea prin preîncălzitoare, ar fi fost mult mai mari decît coroziunea normală a apei asupra metalului la 18—20°C.

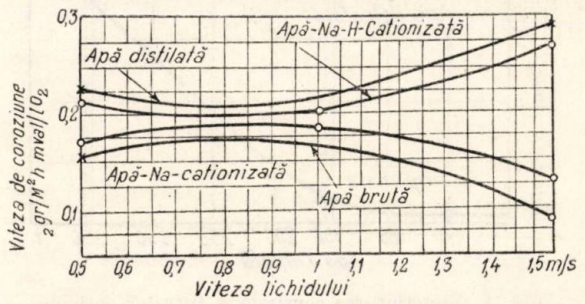


Fig. 4. Variaţia vitezei de coroziune în funcţie de viteza lichidului.

Situaţia s-a remediat schimbîndu-se traseul apei brute, astfel încît să nu mai treacă prin preîncălzitor, urmînd ca acesta să fie folosit pentru preîncălzirea apei tratate înainte de a intra în bazinele de drenaj. Totodată s-a creat posibilitatea menţinerii temperaturii la circa 18°C şi pe timp de iarnă, cînd temperatura apei de rîu scade la 7—8°C, prin folosirea apei calde de la ieşirea din condensatoare.

Considerăm că atît coroziunea cît şi micşorarea capacităţii de reţinere a filtrelor cationice sînt datorite regimului intermitent de funcţionare. Pentru eliminarea neajunsurilor amintite mai sus, pe lîngă măsurile luate pînă în prezent, propunem modificarea instalaţiei de tratare a apei de adaos, astfel ca investiţiile să fie cît mai reduse.

Modificarea constă în înlocuirea a două filtre cationice existente (Ø 2 000 mm) cu trei filtre cationice de dimensiuni mai mici şi a pompei de apă brută cu debit de 150 t/h, cu o pompă cu debit mai mic de 13,5 t/h.

Astfel se realizează o funcţionare continuă la debite mici şi în acelaşi timp se asigură o viteză de filtrare de 10—12 m/oră, se elimină problema stagnării apei în instalaţia de epurare chimică, se reduce conţinutul fierului dizolvat în apa de alimentare şi se evită scăderea capacităţii de reţinere a sulfo-cărbunelui.

Modificări constructive aduse la instalaţiile de preparare a prafului de cărbune la C. T. E. Paroşeni

Prin proiectul tehnic al CTE Paroşeni se prevedea ca să se utilizeze pentru combustie în focarele cazanelor PK 10—p de 230 t/h, cărbune inferior, de Valea Jiului, sub formă pulverizată, rezultat de la Preparaţia Lupeni.

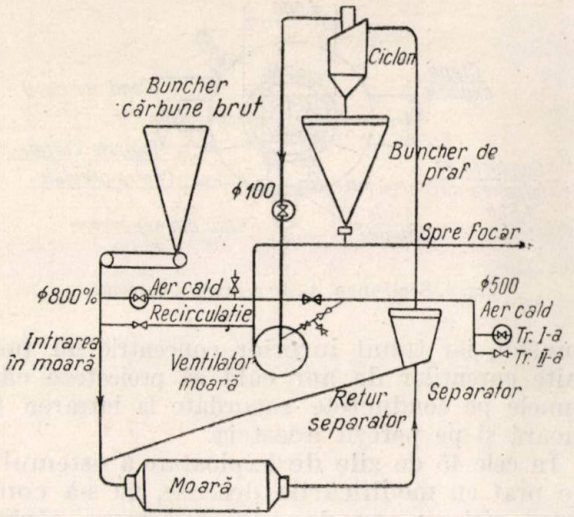


Fig. 1. Schema sistemului de preparare a prafului de cărbune

Pe baza caracteristicilor cărbunelui prevăzut în proiectul tehnic, centralei i-au fost livrate pentru măcinarea cărbunelui, cîte două mori cu tobă cilindrică şi cu bile, pentru fiecare din cazanele instalate.

Morile sînt de tipul S.B.M. 287/470 şi au caracteristicile:

— productivitate	22 t/h;
— temperatură aer intrare	300°C;
— temperatură amestec aer-praf	70°C:
— presiune aer intrare	30 mm col aer;
— presiune amestec aer-praf	180 mm col aer.

Sistemele de preparare a prafului (fig. 1) sînt cu buncăr intermediar şi utilizează ca agent pentru uscarea cărbunelui în mori şi transportul prafului de cărbune, aer preîncălzit.

La punerea în funcţiune a sistemelor de preparare a prafului, cît şi ulterior, în exploatare, s-au întîmpinat o serie de greutăţi. Aceste greutăţi se datorau faptului că caracteristicile cărbunelui utilizat în mod curent diferă mult de caracteristicile cărbunelui prevăzut în proiectul tehnic.

Funcţionarea cu un alt combustibil decît cel prevăzut în proiect a produs numeroase greutăţi de uscare, măcinare, ardere etc. Cele mai mari greutăţi se datoresc conţinutului mare de cenuşă (45—50%) care provoacă o uzură prematură a instalaţiilor precum şi umidităţii mai mari a cărbunelui, care ajunge pînă la 14% (maximă).

În tabela 1 sînt redate unele caracteristici ale cărbunelui prevăzute în proiectul tehnic, precum şi ale cărbunelui utilizat de către centrală.

Tabela 1

Sortul cărbunelui	Prevăzut în proiectul tehnic, %	Utilizat de centrală, %
Mixt	57	87
Cărbune brut	28,5	5
Slam	14,5	8
Caracteristicile de cenuşă şi de umiditate:		
Cenuşă	38,8	45
Umiditate totală	7,9	12

În ceea ce priveşte înlăturarea uzurii instalaţiilor, din cauza conţinutului mare de cenuşă, s-au luat unele măsuri de protejare a carcaselor ventilatoarelor de gaze arse, a ventilatoarelor de mori şi a coturilor conductelor de praf, prin folosirea blindajelor prefabricate de beton, oţel turnat, cofraje metalice şi altele.

Problema a fost rezolvată însă numai parţial la unele instalaţii.

În cele ce urmează analizăm consecinţele folosirii în instalaţiile de la CTE Paroşeni a cărbunelui cu umiditate mărită şi modul în care au fost înlăturate deficienţele apărute prin folosirea acestui combustibil.

Din cauza umidităţii mari a cărbunelui şi a deficienţelor constructive ale intrării în mori (fig. 2), cărbunele se depunea prin aderenţă pe pereţi şi după o perioadă de contact direct cu aerul cald se autoaprindea creîndu-se cuiburi de foc.

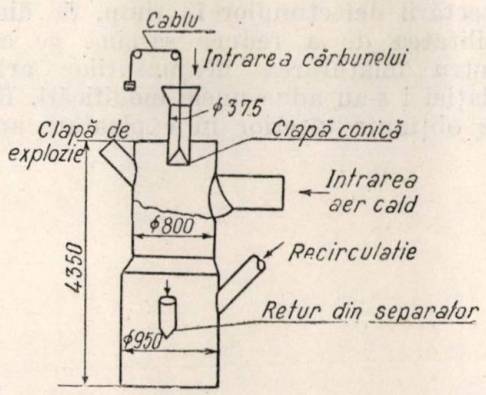


Fig. 2. Schema nemodificată a intrării în moară.

Defecţiunile constructive ale intrărilor în mori constau în adoptarea clapelor conice de etanşare, precum şi datorită căderii cărbunelui prin faţa secţiunii de racord a conductei de aer cald.

Clapele conice efectuau o împrăştiere a cărbunelui în faţa curentului de aer cald care îl proiecta sub formă de depuneri pe pereţii intrării în moară, în interiorul clapei de explozie, iar din cauza turbioanelor se formau depuneri şi în conductele de recirculaţie şi de

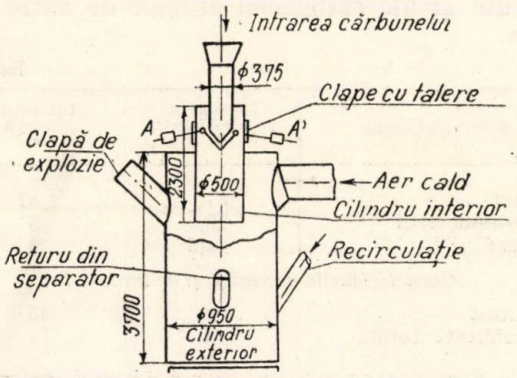


Fig. 3. Schema modificată a intrării în moară.

reîntoarcere de la separator. Depunerile erau în mare măsură o consecinţă a dispersării cărbunelui de către clapa conică deoarece s-au constatat focare şi în conducta de aer cald.

Din cuiburile de foc astfel create, pătrundeau scîntei în mori, scîntei care în anumite cazuri provocau explozii în sistemul de praf.

Au fost cazuri cînd prin astfel de explozii s-au spart toate clapele de explozie, şiberele de fontă din sistemul de preparare a prafului, fiind avariat şi conul de la ciclon.

Aceste deficienţe au provocat neajunsuri destul de mari: scoaterea din funcţiune a sistemului de praf, executarea unui mare volum de reparaţii, consumarea de materiale şi piese de rezervă. Exploziile au influenţat negativ şi economicitatea agregatului de cazan, deoarece o serie de defecţiuni s-au înlăturat pe parcurs cu sistemul de praf în funcţiune, fie din cauza nedetectării defecţiunilor în timp, fie din imposibilitatea de a reduce sarcina pe cazan.

Pentru înlăturarea neajunsurilor arătate, instalaţiei i s-au adus unele modificări. Rezultatele obţinute ulterior în exploatare au dovedit că deficienţele în funcţionare au fost înlăturate.

Modificările efectuate constau în înlocuirea construcţiei intrării în moară, cu o construcţie nouă, modificată (fig. 3). Această construcţie este prevăzută cu un tub interior concentric şi un nou tip de clapă cu talere. Clapa adoptată împiedică dispersarea în mod exagerat a căr-

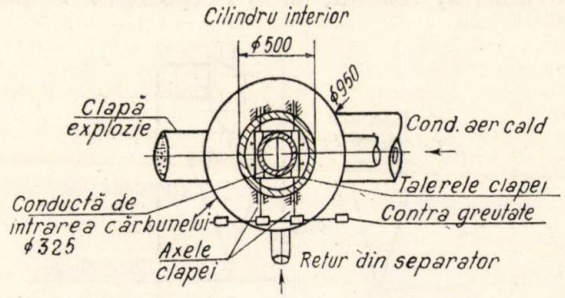


Fig. 4. Secţiunea *A-A'* a intrării în moară.

bunelui, iar tubul interior concentric nu permite curenţilor de aer cald să proiecteze cărbunele pe conductele racordate la intrarea în moară şi pe pereţii acesteia.

În cele 45 de zile de exploatare a sistemului de praf cu modificările descrise, nu s-a constatat nici un caz de autoaprindere a cărbunelui. În acelaşi interval de timp, la un sistem de praf nemodificat, s-au detectat opt cazuri de autoaprindere.

De menţionat este faptul că prin modificarea adusă nu se influenţează negativ uscarea cărbunelui în drum spre toba morii.

Prin sistemul de articulaţie şi închidere adoptat la noua clapă (fig. 4), se asigură o etanşare bună la intrarea cărbunelui.

În urma modificării instalaţiei s-au efectuat cîteva determinări privind productivitatea morii, rezultatele obţinute fiind foarte bune.

Pentru rezultatele bune obţinute în exploatare, modificările constructive descrise se extind la toate sistemele de praf din CTE Paroşeni.

Ing. R. MUNTEANU

Construcţia unei centrale nuclearo-electrice în Italia

Conf. *IOAN ARSENIE BADEA* şi ing. *CAMIL WLEZEK*

Faţă de U.R.S.S., care are prevăzut programul cel mai important de construcţii de centrale nuclearo-electrice, şi anume 2000 MW-e pînă în 1961, în Italia este prevăzut un program modest de instalare de centrale nucleare.

În cadrul programului italian, în apropiere de localitatea Foce Verde, situată la sud de Roma, au început în vara anului 1958 lucrările de construcţie ale centralei nuclearo-electrice Latina. Se prevede ca centrala să intre în funcţiune la plină sarcină în anul 1962.

Centrala, cu o putere electrică de 200 MW-e, va fi echipată cu un reactor moderat cu grafit şi răcit cu gaze de tip Calder-Hall, cu o putere de 705 MW-t.

Echipamentul nuclear va fi importat din Anglia, iar restul echipamentului va fi furnizat de firmele italiene.

1. Alegerea amplasamentului centralei

Alegerea amplasamentului s-a făcut pe baza unor studii detailate, care au ţinut seama atît de situaţia sistemului energetic, cît şi de caracteristicile terenului.

Amplasamentul ales respectă următoarele condiţii principale:

— centrala se încadrează într-un sistem energetic care permite funcţionarea acesteia la baza curbei de sarcină şi deci realizarea unui factor mare de încărcare;

— terenul centralei are o rezistenţă mecanică suficientă ca să permită fundarea de instalaţii cu greutăţi mari;

— terenul posedă o suprafaţă de cca. 107 ha pentru aşezarea centralei şi a instalaţiilor anexe;

La stabilirea amplasamentului, în afară de considerentele menţionate, s-a ţinut seama şi de posibilitatea de a avea o zonă de siguranţă în jurul centralei (siguranţă împotriva infectării radioactive în caz de avarie).

Autorităţile italiene au împărţit Italia, din punct de vedere seismic, în trei zone: zona *1*, zona *2* şi zona *3*. Construcţiile normale care se fac în zona *3* nu necesită să fie calculate şi la acţiunea cutremurelor.

Centrala nuclearo-electrică Latina este amplasată într-o zonă neseismică de categoria *3*. Cu toate acestea, pentru siguranţă, construcţiile reactorului şi ale centralei nucleare au fost calculate ca să reziste la cutremure cu intensitate corespunzătoare zonei *2*.

O problemă specială pusă de teren a fost problema nivelului ridicat al apelor subterane, care a impus să se ia măsuri speciale de izolare hidrofugă.

Reactorul are o greutate de cca. 20 000 t, ceea ce ridică probleme speciale pentru fundaţie. În scopul asigurării condiţiilor impuse de fundaţii, a fost necesară săparea unei gropi de fundaţie, prin care s-a ajuns la stratul situat la o adîncime de 12—14 m.

Lucrările centralei au început în iunie 1958, o dată cu terminarea ultimelor forări geologice, prin amenajarea şantierului şi a drumurilor interioare, executarea drenajelor etc., construindu-se cca. 1700 m de drumuri interioare cu o lăţime de 6 m.

Prepararea betonului pentru reactor se face în două instalaţii, fiecare cu o capacitate de cîte 12 m³/h. Agregatele sînt manipulate cu benzi transbordoare şi elevatoare. Pentru

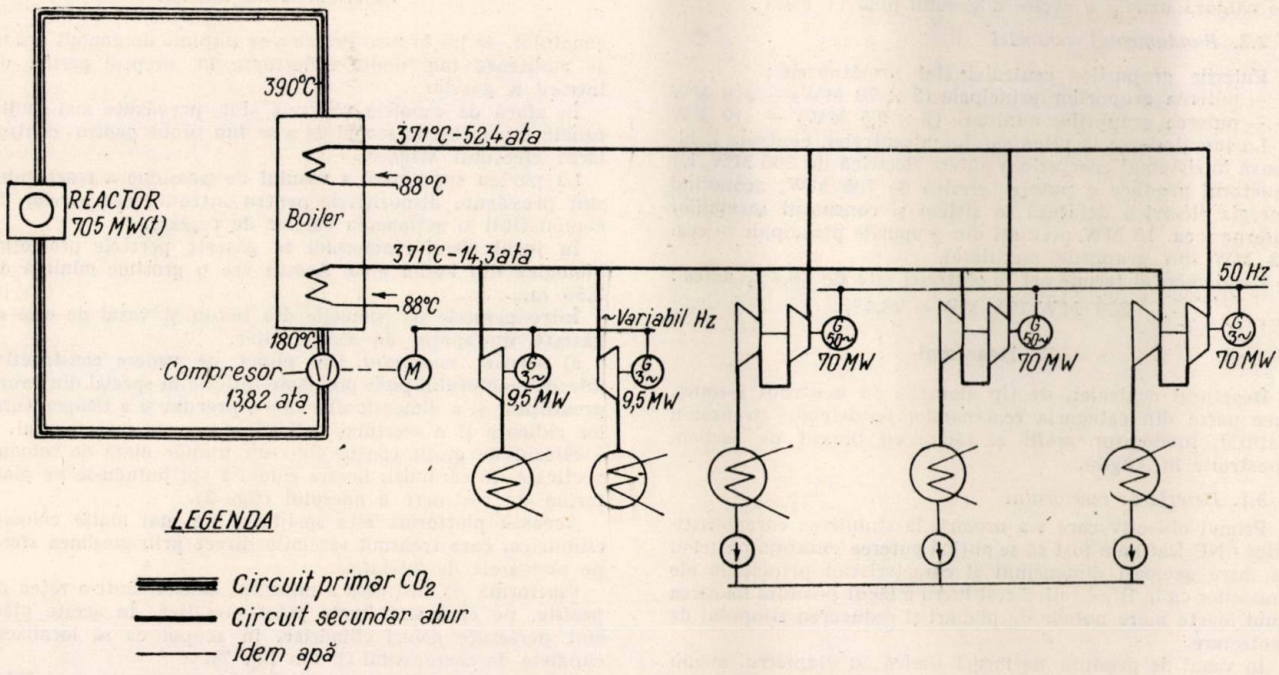


Fig. 1. Schema termică simplificată a centralei Latina

— amplasamentul are posibilitatea să fie aprovizionat cu apă de răcire pentru centrală;

— amplasamentul dispune de posibilităţi de racord la calea ferată şi legături bune cu şoselele principale.

montaj s-a ridicat, în luna iunie 1959, o macara tip Goliath cu o capacitate principală de ridicare de 265 t şi una auxiliară de 40 t. Deschiderea efectivă a macaralei este de 52 m, iar înălţimea de ridicare 50 m.

2. Schema termică

Centrala va fi echipată cu un reactor cu răcire cu gaze şi trei grupuri turbogeneratoare cu condensaţie de cîte 70 MW. Pentru alimentarea motoarelor electrice de antrenare a compresoarelor de circulaţie a gazelor (CO_2) în reactor, se prevede instalarea a două grupuri turboalternatoare cu condensaţie de cîte 9,5 MW fiecare, alimentate cu abur de la reactor.

Centrala va funcţiona cu două circuite : circuitul primar de bioxid de carbon al reactorului şi circuitul secundar de abur-apă al turbinei. În fig. 1 se dă schema termică simplificată.

2.1. *Circuitul primar.*

În circuitul primar este folosit ca agent termic pentru transportul căldurii bioxidul de carbon sub formă gazoasă la presiunea de 13,82 ata. Agentul termic intră în reactor cu temperatura de 180°C şi se încălzeşte pînă la temperatura de 390°C.

Pentru acoperirea pierderilor hidraulice de presiune rezultate din vehicularea CO_2 prin circuitul reactorului, conducte şi schimbătoare de căldură, sînt prevăzute la ieşirea din boilere şase compresoare centrifugale de gaze, de construcţie specială, care funcţionează la temperaturi în jurul a 180°C.

2.2. *Circuitul secundar.*

Alimentarea cu abur a celor trei grupuri turbogeneratoare principale se face la două nivele de presiuni :

— cu abur supraîncălzit de 52,4 ata 371°C ;

— cu abur supraîncălzit de 14,3 ata 371°C.

Alimentarea turbinelor alternatoarelor auxiliare se face cu abur de 14,3 ata, 371°C.

Aburul se produce în circuitul secundar al reactorului în şase boilere. În circuitul secundar al boilerelor se face preîncălzirea apei de la 88°C, la temperatura de vaporizare, precum şi vaporizarea apei şi supraîncălzirea aburului produs.

Pentru a se reduce la minim temperatura de lucru a compresoarelor, precum şi pentru a se asigura o cădere mare de temperatură în reactor, a fost necesar să se limiteze preîncălzirea regenerativă a apei în circuitul secundar pînă la 88°C, ceea ce a permis să se obţină pentru suprafeţe de schimb de căldură uzuale o răcire a gazului pînă la 180°C.

2.3. *Randamentul centralei*

Puterile grupurilor centralei sînt următoarele :

— puterea grupurilor principale (3 × 70 MW) — 210 MW

— puterea grupurilor auxiliare (2 × 9,5 MW) — 19 MW

La funcţionarea la plină sarcină a centralei, centrala debitează în sistemul energetic o putere electrică de 200 MW, iar reactorul produce o putere termică de 705 MW, acoperind energia electrică debitată în sistem şi consumul serviciilor interne (cca. 10 MW preluaţi din grupurile principale şi cca. 12 MW din grupurile auxiliare).

Randamentul termic net al centralei este de 28,4%, adică :

$$200 \text{ MW}/705 \text{ MW} = 28{,}4\%.$$

3. Reactorul

Reactorul centralei, de tip eterogen cu neutroni termici, face parte din categoria reactoarelor industriale cu uraniu natural, moderator grafit şi răcire cu bioxid de carbon, construite în Anglia.

3.1. *Descrierea reactorului*

Primul obiectiv care s-a urmărit la stabilirea caracteristicilor CNE Latina a fost să se obţină puterea maximă păstrînd în mare aceleaşi dimensiuni şi caracteristici principale ale unităţilor ca la Bradwell. Acest lucru a făcut posibilă folosirea unui foarte mare număr de planuri şi reducerea timpului de proiectare.

În vasul de presiune de formă sferică cu diametrul mediu de 20,35 m şi o grosime a peretelui de oţel de cca. 90 mm, se găseşte miezul reactorului.

Miezul de grafit, cuprinzînd moderatorul şi reflectorul, este de formă cilindrică şi are un diametru de cca. 14,25 m şi o înălţime de 9,45 m. Moderatorul de formă cilindrică se găseşte în interiorul acestui miez şi are diametrul de 12,71 m şi înălţimea de 7,82 m.

În blocul de grafit al moderatorului şi în plăcile superioare şi inferioare ale reflectorului sînt perforate cca. 2950 canale verticale cu diametrul de 105 mm. Aceste canale sînt distantate la pas egal de 203 mm, formînd o plasă regulată cu ochiuri pătratice.

În cca. 100 din aceste canale sînt plasate barele de reglare şi de avarie, iar în rest sînt aşezate barele combustibile de uraniu.

Reflectorul înconjoară în exterior moderatorul.

Agentul de răcire (CO_2), la o presiune de cca. 13,8 ata, circulă între elementele combustibile şi peretele interior al

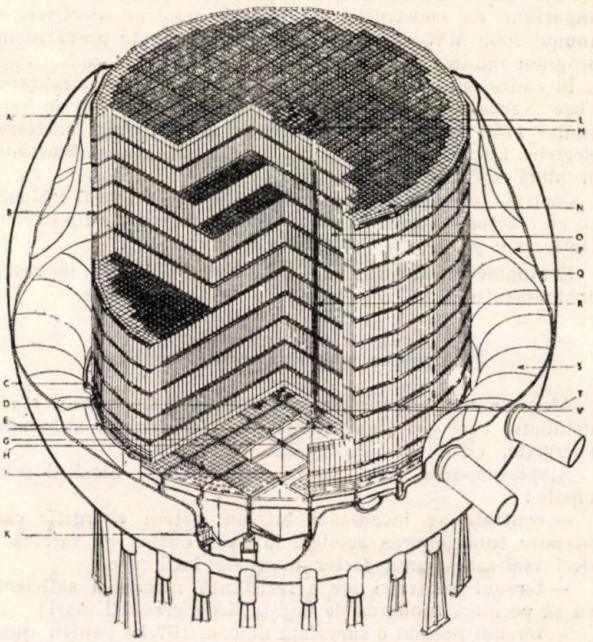


Fig. 2. Miezul reactorului de la CNE Bradwell similar cu cel al CNE Latina.

canalului, de jos în sus. Pentru a se impune un anumit drum, se montează mai multe deflectoare în dreptul gurilor de intrare a gazelor.

În afară de canalele verticale sînt prevăzute mai multe canale orizontale în scopul de a se lua probe pentru controlarea efectului Wigner.

La partea superioară a vasului de presiune a reactorului sînt prevăzute dispozitivele pentru introducerea barelor de combustibil şi acţionarea barelor de reglare.

În jurul sferei reactorului se găseşte peretele protecţiei biologice din beton greu. Acesta are o grosime minimă de 2,56 m.

Între peretele de protecţie din beton şi vasul de oţel se găseşte un spaţiu de aer ventilat.

a) *Miezul reactorului.* Din punct de vedere constructiv, miezul reactorului pune probleme dificile în special din cauza greutăţilor şi a dimensiunilor mari, precum şi a temperaturilor ridicate şi a efectului radiaţiilor asupra materialului.

Miezul de grafit constă dintr-un număr mare de coloane verticale de cărămizi, fiecare coloană sprijinindu-se pe platforma de susţinere a miezului (fig. 2).

Această platformă este sprijinită pe mai multe coloane cilindrice, care transmit sarcinile direct prin grosimea sferei pe picioarele de fundaţie.

Platforma de susţinere a miezului constă dintr-o reţea de profile, pe care sînt fixate plăci metalice. În aceste plăci sînt perforate goluri cilindrice, în scopul ca să localizeze canalele de combustibil (F din fig. 2).

Ansamblul coloanelor verticale de grafit este consolidat prin mai multe brăţări flexibile, care string cilindrul de grafit în exterior.

Greutatea totală a miezului de grafit este de 1900 t.

b) *Vasul de presiune.* Vasul de presiune are formă de sferă, cu un diametru mediu de 20,35 m şi o grosime medie de 90 mm şi maximă de 111 mm.

Vasul este construit din plăci de oțel special, cu rezistență la fluaj și la efectele de radiații. Aceste plăci de oțel sînt aduse la forma de calotă cu ajutorul unor prese speciale. Aceste calote se sudează între ele. Greutatea totală proprie a vasului este de cca. 1636 t.

Vasul sub presiune este sprijinit pe 24 suporți metalici cilindrici de construcție specială. Acești suporți se sprijină prin role pe fundații, ceea ce permite dilatarea liberă a vasului de presiune.

c) *Izolația termică a vasului de presiune.* În funcționarea reactorului, suprafața elementelor combustibile ajunge la temperatura maximă de 440°C, exceptînd cazurile de avarie, cînd temperatura se poate ridica pînă la 585°C.

CO_2, care la ieșire are 390°C, încălzește vasul de presiune ; în plus, fluxul de neutroni și de raze gama din miezul reactorului produce căldură în peretele de oțel al vasului de presiune și în betonul protecției biologice.

În scopul limitării la valori admisibile a temperaturilor și a diferențelor de temperatură în oțel și în beton, s-a prevăzut un sistem de ecrane metalice și răcirea cu aer pentru îndepărtarea acestei călduri nucleare, precum și a căldurii termice radiate de vasul de presiune asupra peretelui de beton al protecției biologice.

În vederea reducerii gradientului de temperatură al peretelui vasului de presiune s-a prevăzut căptușirea sa în interior cu un ecran făcut dintr-o placă de oțel de 6 mm grosime, la o oarecare distanță de peretele de oțel al vasului de presiune.

d) *Protecția biologică.* În jurul vasului de presiune al reactorului este prevăzută o protecție masivă de beton greu cu o grosime minimă de 2565 mm și maximă de 2590 mm. Betonul greu este făcut cu agregate grele, bucăți de fier etc.

Pentru limitarea temperaturilor și a diferențelor de temperatură în oțel și beton la valori admisibile, s-a prevăzut un sistem de răcire cu aer.

e) *Instalația de ventilare.* Pentru asigurarea răcirii peretelui vasului de presiune și a zidului de beton a protecției biologice, se utilizează un debit de aer de cca. 5900 m³/min.

Acest aer este absorbit din atmosferă și este trecut în prealabil printr-o baterie de filtre cilindrice, care reține particulele din aer cu dimensiuni mai mari de 10 microni diametru, în scopul evitării ca acestea să devină radioactive la trecerea prin fluxul de neutroni și raze gama de scăpări.

După străbaterea circuitelor de răcire, aerul încălzit cu cca. 17 grd peste temperatura de intrare este evacuat în atmosferă la o înălțime de cca 40 m. În prealabil i se face din nou o filtrare în filtre foarte fine, care are ca scop să rețină și ultimele particule de praf radioactiv.

Pentru vehicularea aerului se utilizează ventilatoare de tip centrifugal.

Prin dispoziția adoptată se creează în spațiul ventilat o subpresiune, ceea ce permite să se evite infectarea zonei din jurul reactorului în cazul apariției unor fisuri în peretele de protecție biologică.

f) *Elementele de combustibil.* Ca element fisionabil se utilizează uraniu natural cu un conținut de 0,7% U_{235}. Greutatea totală a combustibilului necesar unei încărcături a reactorului este de cca. 262,5 t uraniu natural.

Reactorul este prevăzut cu 2853 elemente de combustibil așezate în canale verticale perforate în miezul de grafit al reactorului și distribuite în mod uniform. În fiecare canal este introdus cîte un singur element de combustibil.

Elementul de combustibil cuprinde pe de o parte elementul de transfer de căldură, iar pe de altă parte cartușele de uraniu.

Fiecare element de combustibil cuprinde cîte opt cartușe de uraniu de formă cilindrică cu diametrul de 29,3 mm și o lungime de 914,4 mm. Deoarece uraniul metalic pur este un element cu proprietăți mecanice și chimice slabe, cilindrii de uraniu sînt îmbrăcați în mantale confecționate din aliaje cu magneziu (Magnox A 12) cu grosimea pereților de 2 mm.

Elementul de transfer de căldură fabricat din aliaj special este prevăzut cu aripioare helicoidale, care au rolul să mărească transferul de căldură între cartușul de combustibil și agentul de răcire (fig. 3).

În funcționarea normală, temperatura barelor de combustibil nu depășește valoarea de 440°C, pentru ca să nu se treacă în zona în care uraniul devine sfărîmicios.

În literatură nu este indicat gradul minim de ardere a elementelor combustibile la CNE Latina. La alte CNE de același tip, unde se utilizează elemente combustibile identice, se prevede un grad de ardere de 3000 MW zile/t.

Scoaterea, schimbarea și încărcarea barelor combustibile se pot face și în timpul funcționării reactorului, cu ajutorul unei mașini speciale de încărcare.

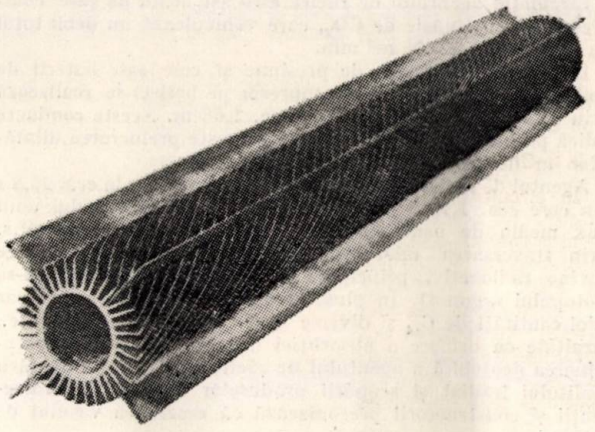


Fig. 3. Tubul cu aripioare de transfer de căldură al elementului combustibil.

g) *Barele de reglare și avarie.* Pentru reglarea reacției nucleare în miezul reactorului se folosesc bare confecționate dintr-un material cu o mare secțiune de absorbție a neutronilor, și anume din oțel inoxidabil aliat cu bor.

Barele de reglare asigură reglarea temperaturii gazului la ieșirea din canalele de combustibil, funcționarea stabilă a reactorului și oprirea reactorului, în funcționare normală sau în caz de avarie.

După funcțiunile pe care le îndeplinesc, barele de control se împart în trei grupe : bare de reglare manuală, bare de reglare automată, bare de siguranță (avarie).

Barele de siguranță nu intervin niciodată în funcționare. Ele sînt declanșate și lăsate să cadă în miezul reactorului sub acțiunea gravității, doar în momentul în care reactorul trebuie să fie oprit, sau în caz de avarie.

Barele de reglare automată sînt comandate automat, sau de la distanță (eventual și manual) și au rolul de a asigura temperatura și stabilitatea fluxului agentului de răcire a reactorului.

Barele de reglare manuală sînt bare de dimensiuni mari și sînt comandate manual.

Reactorul este prevăzut cu 100 bare de reglare cu o lungime de aproximativ 8350 mm.

3.2. *Parametrii nucleari ai miezului reactorului*

Reactorul centralei are următorii parametri nucleari :

— fluxul de neutroni	$1{,}3 \cdot 10^{13}$ n/cm².s
— factorul de multiplicare al neutronilor	$k = 1{,}06572$
— factorul de fisiune termică	$\eta = 2{,}00649$
— factorul de fisiune rapidă	$\varepsilon = 1{,}03341$
— probabilitatea de evitare a captării de rezonantă	$p = 0{,}89295$
— factorul de utilizare termică	$f = 0{,}57558$
— coeficient negativ de temperatură a reactivității pentru :	
moderator	$= 4{,}4 \cdot 10^{-5}$/grd
uraniu	$= 2{,}3 \cdot 10^{-5}$/grd

Ținînd seama de scăpările de neutroni în afara miezului reactorului (probabilitatea de scăpare a neutronilor în exterior P), factorul de multiplicare efectiv are valoarea

$$k = P \cdot k_{\infty}$$

Avînd în vedere că pentru menținerea reacției în lanț factorul efectiv de multiplicare al neutronilor trebuie să aibă o valoare egală sau mai mare decît 1, rezultă că probabilitatea P a reactorului centralei Latina de a nu avea scăpări de neutroni în afara miezului reactorului este mai mare de 0,95.

3.3. *Răcirea reactorului*

În circuitul primar de răcire a reactorului se află bioxid de carbon la presiunea de 13,82 ata. Gazul intră în reactor la temperatura de 180°C, unde își ridică temperatura până la 390°C.

Circulația agentului de răcire este asigurată de șase compresoare centrifugale de CO_2, care vehiculează un debit total de cca. 100 000 N m^3/min.

Legătura între vasul de presiune și cele șase baterii de boilere și compresoare (un compresor pe boiler) se realizează prin conducte cu diametrul de cca. 1,68 m. Aceste conducte ridică probleme speciale în ceea ce privește prelucrarea dilatărilor în decursul funcționării instalației.

Agentul de răcire străbate tot circuitul primar în cca. 25,8 s din care cca. 1,13 s este expus în miezul reactorului unui flux mediu de neutroni termici de cca. $1{,}3 \cdot 10^{13}$ n/cm^2.s. Prin traversarea miezului reactorului agentul de răcire devine radioactiv, principala radioactivitate datorîndu-se izotopului argon-41. În plus, în agentul de răcire mai apar mici cantități de C_{14} și diverse gaze, ca kripton, xenon etc., rezultate ca urmare a absorbției neutronilor termici. Contaminarea deosebită a agentului de răcire se datorește oxidării grafitului iradiat și scăpării produselor de fisiune. Proiectanții și constructorii preconizează că eroziunea vasului de presiune, a conductelor și a boilerelor va fi însă scăzută.

Pentru a se elimina din agentul de răcire particulele în suspensie, cca. 2% din debitul total al gazului este derivat în cicloane și filtre cu silicagel, care pot reține efectiv particule materiale cu diametre mai mari de 15 microni și toți vaporii de apă.

În timpul funcționării apar în circuitul primar de răcire a reactorului pierderi de agent de răcire. Acestea pot avea loc prin: scăpări în funcționarea normală (vane etc.); scăpări în timpul descărcării planificate a vasului de presiune și a mașinii de încărcat; evacuări de gaze în timpul accidentelor de funcționare, prin ventilele de siguranță, etc.

Deoarece pierderile din circuitul primar sînt radioactive se iau măsuri speciale atît pentru reducerea lor cît și pentru evitarea infectării radioactive a spațiului din jurul reactorului și a regiunii înconjurătoare.

Pierderile prin scurgeri de agent termic din circuitul primar ajung zilnic pînă la 1% din cantitatea de gaz din circuit. Reactivitatea pierderilor din circuit este mai mică de 1 curie pe zi, și reactivitatea specifică a fiecărui element constituent în spațiul din jur în toate cazurile va fi mai mică decît 1/1000 din nivelul maxim de radiație admis pentru spații neocupate.

4. Schema termomecanică și echipamentul principal

Aburul pentru alimentarea grupurilor principale este produs în boilerele reactorului. Pe bază tehnico-economică s-a prevăzut ca alimentarea turboalternatoarelor principale să se facă cu abur la două nivele: 52,4 ata, 371°C și 14,3 ata, 371°C, iar a celor două grupuri auxiliare la 14,3 ata.

Debitul total de abur al celor șase boilere este de cca. 937 t/h, din care 621 t/h abur de înaltă presiune și 316 t/h abur de joasă presiune (fig. 4).

Pentru demararea centralei, ca și pentru perioadele de goluri de sarcină (în caz de accident), este prevăzut un condensator de pornire cu o capacitate egală cu capacitatea

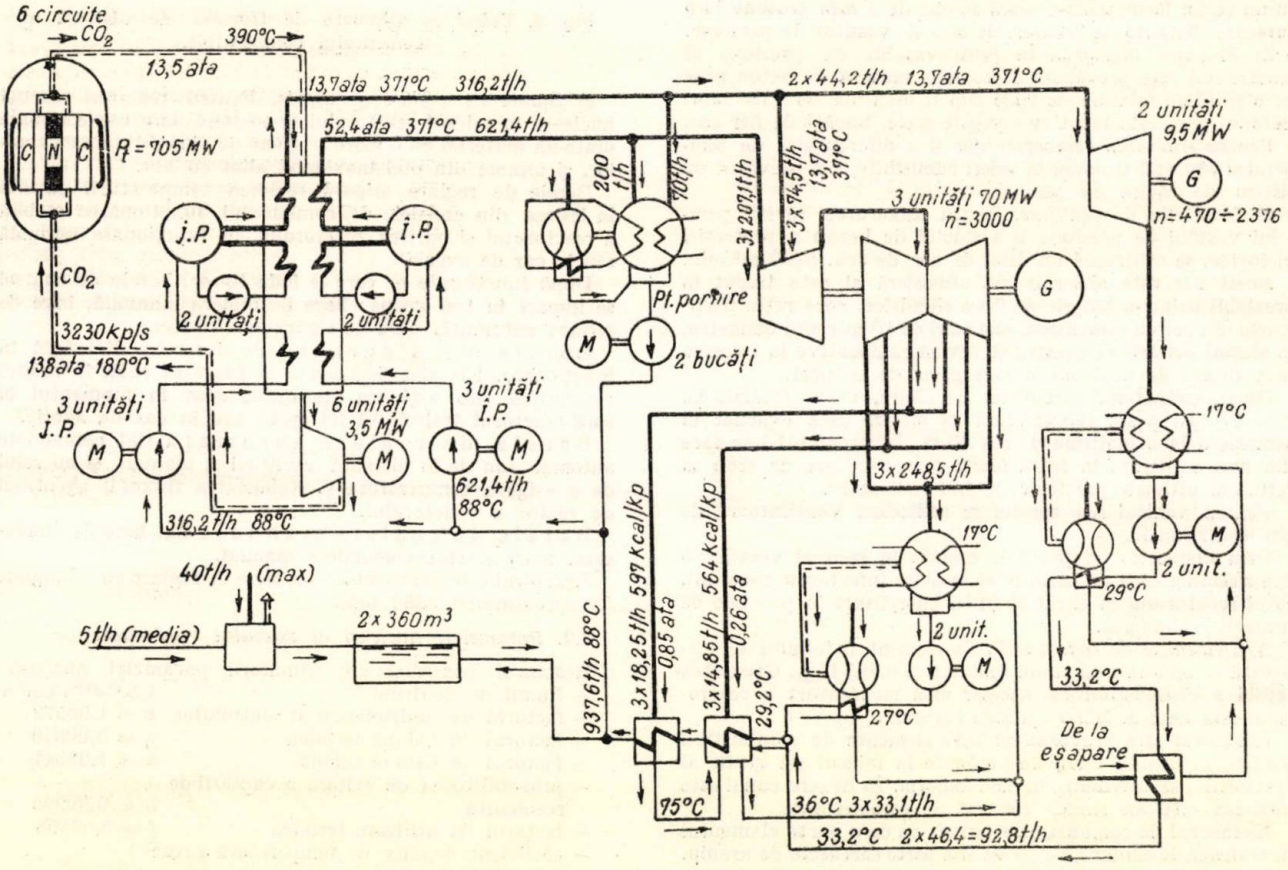


Fig. 4. Schema termomecanică a CNE Latina.

unui condensator al unui grup turboalternator principal (270 t/h).

Cele trei turboalternatoare principale sînt construite în două corpuri, din care corpul de joasă presiune cu dublu flux.

Preîncălzirea regenerativă a apei de alimentare se face în două trepte, una la 0,6 ata și cea de a doua la 0,85 ata, asigurîndu-se o temperatură a apei de alimentare a boilerelor de 88C°.

Pentru alimentarea cu apă a boilerelor sînt prevăzute trei pompe de joasă presiune pentru circuitul de joasă presiune și trei pompe de înaltă presiune pentru circuitul de 52,4 ata. Toate aceste pompe sînt antrenate de motoare electrice.

Pentru acoperirea pierderilor din circuitul de apă-abur se prevede aducerea în circuit a unei cantităţi de apă de adaos de 5 t/h (0,55%).

Cei 705 MW termici produşi de reactor sînt transformaţi în abur energetic în şase boilere aşezate în exteriorul sălii reactorului. Un boiler este format dintr-un vas cilindric vertical de oţel cu diametrul de 5,5 m şi înălţimea de cca. 20 m. În acest cilindru, agentul de răcire a reactorului (CO_2) intră cu temperatura de 390°C prin partea superioară şi iese cu temperatura de 180°C prin partea inferioară. În interiorul boilerului sînt aşezate serpentinele de ţevi ale celor două circuite de abur. Circuitele de abur sînt formate din economizor, vaporizator şi supraîncălzitor. Apa de alimentare a celor două circuite de abur este introdusă la temperatura de 88°C în colectoarele economizoarelor aşezate în partea inferioară a boilerului.

Economizoarele, vaporizatoarele şi supraîncălzitoarele ambelor circuite sînt formate din ţevi de oţel cu aripioare aşezate orizontal, perpendicular pe drumul de gaze.

Datorită densităţii mari a gazului (gazul fiind sub presiunea de 14 ata) cît şi vitezei sale, există pericolul ca nivelul radiaţiilor lîngă boiler să fie ridicat. Din această cauză s-a prevăzut posibilitatea montării în jurul boilerului, în caz de nevoie a unui ecran de protecţie din oţel cu o grosime de 100 mm.

Boilerele sînt aşezate în exteriorul clădirii reactorului, cîte trei pe fiecare latură, deasupra sălii compresoarelor de gaze.

5. Servicii interne

Serviciile interne ale CNE Latina necesită o putere de cca. 24 MW, ceea ce reprezintă cca. 12% din puterea efectivă a centralei. Din această putere, în funcţionare normală cca. 12 MW se acoperă de cele două turboalternatoare auxiliare, iar restul de 10 MW se asigură de la cele trei grupuri turbogeneratoare principale.

După gradul de siguranţă impus de asigurarea alimentării cu energie electrică a serviciilor interne, acestea se împart în :

Servicii interne de categoria 0, care nu admit nici măcar întreruperi de scurtă durată, ca de exemplu comanda barelor de reglare ale reactorului, alimentarea camerelor de ionizare şi măsură, etc.

Servicii interne de categoria I, care pot suferi o întrerupere de scurtă durată (pînă la pornirea unor grupuri Diesel de siguranţă), ca de exemplu instalaţia de încărcare a acumulatoarelor, motoarele de 56 kW de siguranţă şi demararea compresoarelor de gaze ale reactoarelor, care în funcţionare normală sînt antrenate de motoare de cca. 3555 kW etc.

Servicii interne de categoria a II-a, ca iluminat general, motoare electrice de antrenare a lichidelor din instalaţiile mai puţin importante etc., care pot suferi întreruperi de scurtă durată, fără ca această întrerupere să conducă la oprirea procesului tehnologic şi la distrugerea instalaţiei.

Servicii interne de categoria a III-a, ca iluminat general, laboratoare, ateliere etc., care pot admite întreruperi de lungă durată (de la cîteva ore la cîteva zile) .

Alimentarea cu energie electrică a serviciilor interne din categoria 0 se asigură prin patru surse : baterie de acumulatoare, motoare Diesel, sistemul energetic şi derivaţie din generatoarele principale.

Serviciile interne din categoria I sînt asigurate din aceleaşi surse, cu excepţia bateriei de acumulatoare.

Serviciile interne din categoriile II şi III sînt asigurate din sistem şi din derivaţii de la generatoarele principale.

Dintre serviciile interne, compresoarele de gaze necesită puterea cea mai mare. Pentru alimentarea acestora, după cum s-a menţionat, s-au prevăzut două generatoare cu frecvenţă variabilă. Restul serviciilor interne sînt alimentate la frecvenţă normală de 50 Hz.

5.1. *Alimentarea serviciilor interne la frecvenţă variabilă*

Pentru antrenarea compresoarelor cu gaze, au fost prevăzute 6 motoare electrice cu puteri de 3555 kW fiecare. Aceste motoare sînt alimentate cu energie electrică la frecvenţă variabilă, cuprinsă între 7,89...39,6 Hz şi tensiune variabilă cuprinsă între 1315...6600 V. Acest circuit de alimentare a motoarelor este izolat de restul serviciilor interne ale centralei.

Pentru demararea compresoarelor, ca şi pentru asigurarea unei circulaţii minime de gaze prin reactor în caz de avarie, la fiecare agregat motor-compresor este cuplat rigid un motor electric mic de 56 kW. Aceste motoare mici, pentru siguranţă, sînt alimentate din bara de 3 kV a centralei, pe care pot debita în caz de avarie şi grupurile Diesel de rezervă.

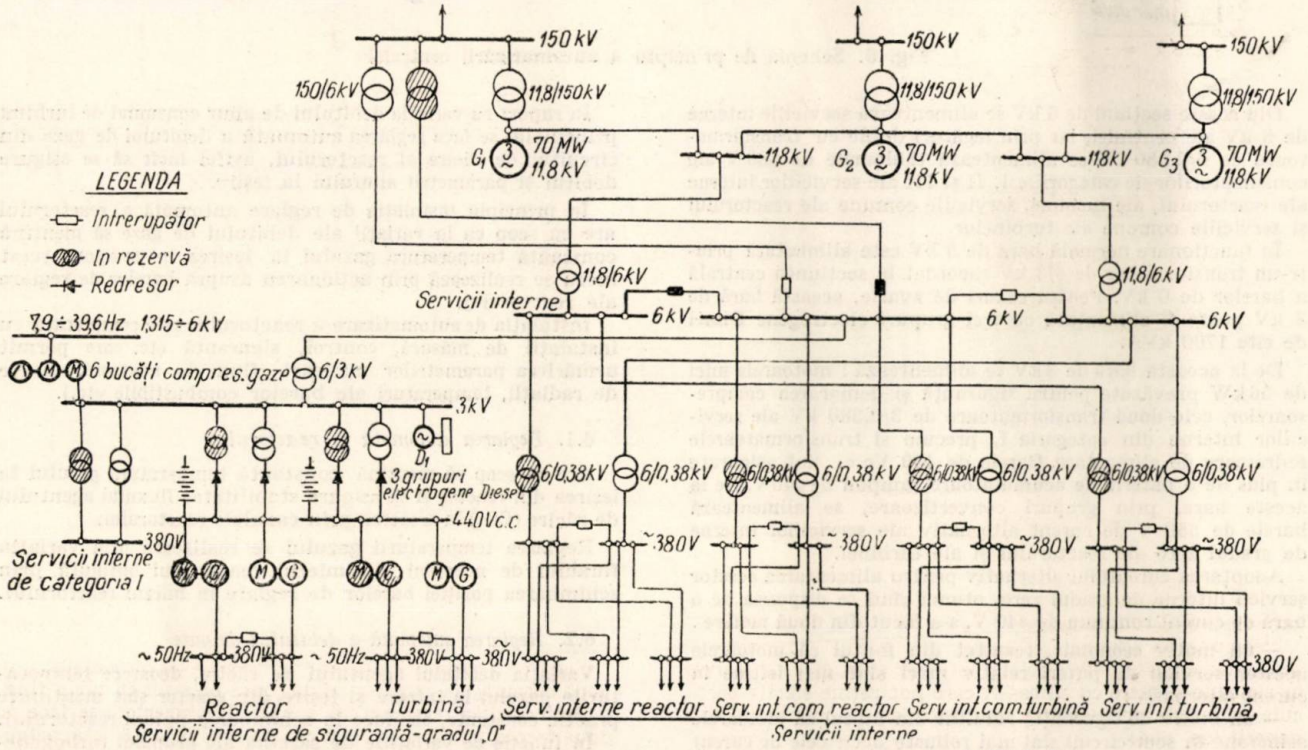


Fig. 5. Schema electrică principială a alimentării serviciilor interne la CNE Latina

5.2. *Alimentarea serviciilor interne cu energie electrică la frecvenţa de* 50 Hz

Pe baza descrierilor date, s-a întocmit o schemă electrică de principiu, care se dă în fig. 5.

Serviciile interne de înaltă tensiune sînt alimentate la două nivele : 6 şi 3 kV.

Barele de 6 kV sînt împărţite în trei secţiuni, două laterale şi una centrală. Barele laterale sînt alimentate fiecare de cîte un transformator 11,8/6 kV, legat în derivaţie de la grupurile turbogeneratoare principale. Secţiunea centrală este alimentată cu două transformatoare de 150/6 kV, din care unul în rezervă. Între aceste secţiuni sînt prevăzute cuple logitudinale. În funcţionare normală, ambele cuple sînt deschise, alimentarea secţiunii centrale făcîndu-se printr-unul din transformatoarele de 150/6 kV.

atît din considerente economice, rezultate din reducerea costului motoarelor, cît şi din condiţiile tehnice cerute de construcţia motoarelor electrice de puteri mari.

6. Automatizarea centralei

Automatizarea centralei constă din : automatizarea turbinei principale şi automatizarea reactorului nuclear.

În funcţie de variaţia de sarcină electrică, regulatorul turbinei principale comandă în mod corespunzător debitul de abur intrat în turbină.

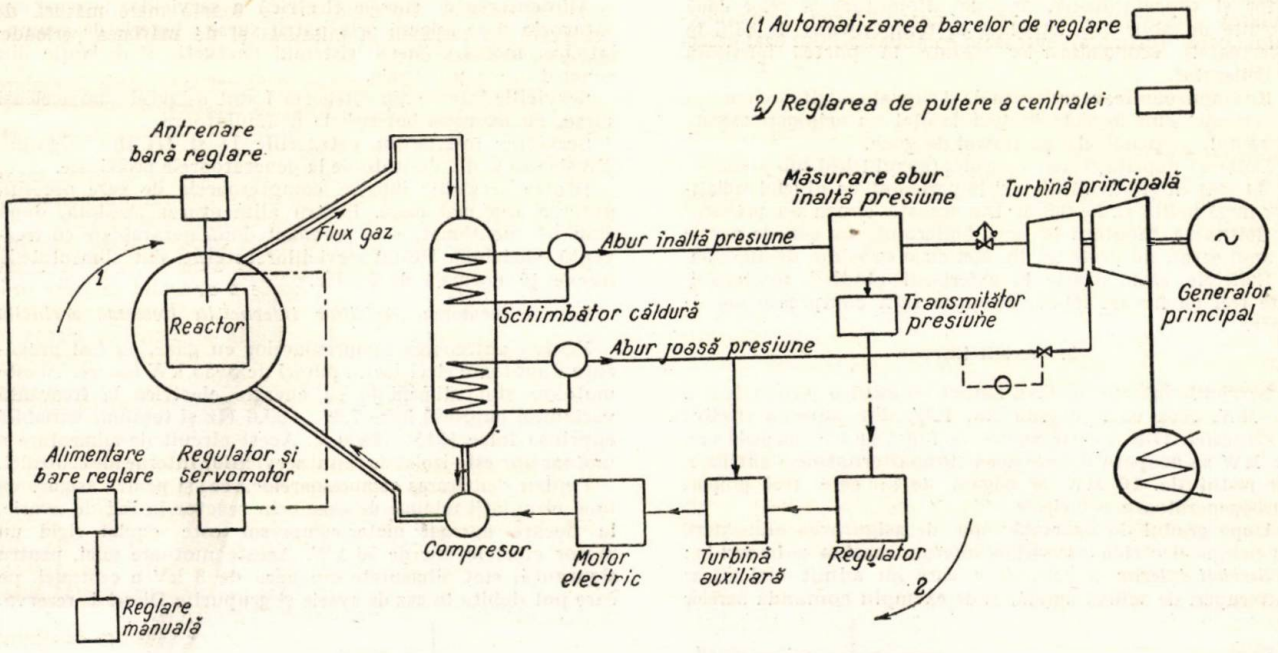


Fig. 6. Schema de principiu a automatizării centralei

Din aceste secţiuni de 6 kV se alimentează serviciile interne de 6 kV ale centralei, iar prin legături duble cu transformatoare de 6/0,380 kV se alimentează tablourile de 380 V ale consumatorilor de categoriile I, II şi III ale serviciilor interne ale reactorului, ale turbinei, serviciile comune ale reactorului şi serviciile comune ale turbinelor.

În funcţionare normală bara de 3 kV este alimentată printr-un transformator de 6/3 kV racordat la secţiunea centrală a barelor de 6 kV. Pentru cazuri de avarie, această bară de 3 kV poate fi alimentată cu trei grupuri electrogene Diesel de cîte 1700 kVA.

De la această bară de 3 kV se alimentează : motoarele mici de 56 kW prevăzute pentru siguranţă şi demararea compresoarelor, cele două transformatoare de 3/0,380 kV ale serviciilor interne din categoria I, precum şi transformatoarele redresoare de alimentare. Barele de 440 Vc.c. sînt asigurate în plus de o baterie de acumulatoare tampon de 440 V. De la aceste bare, prin grupuri convertizoare, se alimentează barele de 380 V de curent alternativ ale serviciilor interne de gradul zero ale reactorului şi ale turbinei.

Adoptarea curentului alternativ pentru alimentarea acestor servicii interne de gradul zero, atunci cînd se dispunea de o bară de curent continuu de 440 V, s-a făcut din două motive :

— un motiv economic, rezultat din faptul că motoarele acestor servicii de puteri relativ mari sînt mai ieftine în curent alternativ ;

— un motiv de siguranţă, rezultat din faptul că motoarele asincrone în scurtcircuit sînt mai robuste decît cele de curent continuu.

Toate elementele serviciilor interne, ca de exemplu cabluri, panouri, convertizoare, transformatoare, redresoare etc., sînt dublate, ceea ce asigură o rezervă minimă de 100%.

Alegerea tensiunii de 3 kV, ca un al doilea nivel de tensiune înaltă pentru alimentarea serviciilor interne, s-a făcut

În raport cu variaţia debitului de abur consumat de turbina principală, se face reglarea automată a debitului de gaze din circuitul de răcire al reactorului, astfel încît să se asigure debitul şi parametrii aburului la ieşire.

În principiu, instalaţia de reglare automată a reactorului are ca scop ca la variaţii ale debitului de gaze să menţină constantă temperatura gazului la ieşirea in reactor. Acest lucru se realizează prin acţionarea asupra barelor de reglare ale reactorului.

Instalaţia de automatizare a reactorului este completată cu instalaţii de măsură, control, siguranţă etc. care permit urmărirea parametrilor nucleari (flux de neutroni, nivele de radiaţii, temperaturi ale barelor combustibile etc.).

6.1. *Reglarea automată a reactorului*

Are ca scop să menţină constantă temperatura gazului la ieşirea din reactor şi să asigure stabilitatea fluxului agentului de răcire (CO_2) la trecerea prin canalele reactorului.

Reglarea temperaturii gazului se realizează prin variaţia fluxului de neutroni din miezul reactorului obţinută prin schimbarea poziţiei barelor de reglare în miezul reactorului.

6.2. *Reglarea automată a debitului de gaze*

Variaţia debitului agentului de răcire, deoarece temperaturile gazului la intrare şi ieşire din reactor sînt menţinute practic constante, conduce la schimbarea puterii reactorului.

În funcţie de variaţiile de sarcină ale grupului turbogenerator, variază debitul de abur consumat de turbină. În raport cu această variaţie, regulatorul comandă debitul de gaze de răcire prin reactor prin modificarea corespunzătoare a vitezei motoarelor de antrenare a compresoarelor de gaze. Acest lucru se realizează prin alimentarea acestor motoare cu energie electrică de frecvenţă variabilă.

Regulatorul măsoară presiunea aburului în conducta de abur de înaltă presiune şi comandă viteza turbinei auxiliare, prin varierea debitului de abur de joasă presiune consumat de aceasta. Acest sistem de reglare asigură o reglare fină şi economică a debitului de gaze şi în plus dă posibilitatea să se sincronizeze funcţionarea celor şase compresoare de gaze (fig. 6).

7. Manipularea combustibilului nuclear

Combustibilul nuclear ridică următoarele probleme: depozitarea şi manipularea combustibilului „rece"; manipularea combustibilului „cald"; dezactivarea combustibilului „cald" (calmare); evacuarea combustibilului uzat dezactivat.

7.1. *Manipularea combustibilului „rece"*

Combustibilul nuclear adus la centrală are un grad scăzut de reactivitate, datorit numai reactivităţii naturale. La centrală combustibilul este înmagazinat într-un depozit depărtat de clădirea reactorului, unde este păstrat în cutiile originale de ambalaj, pînă va fi trimis la reactor.

Din acest depozit, combustibilul este dus în clădirea reactorului, unde este o cameră special utilată pentru despachetarea şi prepararea sa în vederea încărcării în reactor. Combustibilul este apoi introdus în mod automat în maşina de încărcat, care permite să se poată schimba elementele combustibile în timpul funcţionării reactorului, fără să fie necesar ca acesta să fie oprit.

7.2. *Manipularea combustibilului "cald"*

În reactor, barele combustibile supuse la un flux puternic de neutroni capătă o reactivitate periculoasă. Barele combustibile sînt scoase din reactor cu ajutorul maşinii de încărcat-descărcat şi evacuate într-un canal vertical special pentru descărcarea combustibilului, construit în podeaua sălii reactorului.

Prin acest canal elementele combustibile sînt conduse într-un bazin cu apă pentru calmare. Aici combustibilul iradiat stă o perioadă de timp pînă cînd se micşorează reactivitatea pînă la limitele admisibile. După dezactivare, combustibilul este ambalat în containere speciale şi trimis la uzinele de preparare a combustibilului iradiat.

Toate aceste operaţii se fac în mod automat şi sînt supravegheate de operatori cu ajutorul unui ecran de televiziune sau prin intermediul unor ferestre de sticlă cu plumb din spatele protecţiilor de beton greu.

7.3. *Dezactivarea combustibilului cald*

Elementele combustibile normale, după descărcarea din reactor, sînt depozitate într-un bazin subteran cu apă, pentru o perioadă de 100 zile. Această perioadă de timp este suficientă pentru scăderea reactivităţii pînă la o valoare care permite ca acestea să fie transportate la uzina de preparare a combustibilului uzat.

7.4 *Bazinul de ape de spălare*

Colectarea apelor de spălare de la centrul de decontaminare, de la decontaminarea maşinii de încărcare etc. se face într-un bazin construit în perimetrul teritoriului centralei. Golirea acestor rezervoare se face în timp prin descărcarea unor cantităţi foarte reduse de ape reactive în apa de răcire a centralei, astfel ca reactivitatea rezultată a acestei ape să fie neglijabilă.

8. Exploatarea centralei

Centrala este prevăzută să lucreze în sisteme energetice care îi impun să funcţioneze între limitele de putere dela 20% pînă la 100% şi să fie capabilă să suporte variaţii de sarcină şi frecvenţă după cum urmează:

— trepte de putere	0%—10%
— viteza de încărcare	0%—5% pe minut
— încărcări accidentale	1%
— variaţii de frecvenţă	0,5 Hz/s

În plus, s-a propus ca sarcina centralei să poată fi redusă parţial sau total timp de 36 ore (sîmbăta d.a. şi duminica toată ziua).

8.1. *Pornirea şi funcţionarea centralei pînă la nivelul de putere de 20%*

La pornirea reactorului barele de siguranţă sînt scoase complet afară din canale. Demararea se face prin extragerea lentă din inima reactorului a barelor de reglare. Această extragere este oprită automat de un regulator de timp după 20 minute de la pornire.

În mod normal starea critică apare după 3 la 10 ore de la pornire, aceasta depinzînd într-o foarte mare măsură de temperatura reziduală a miezului şi de mărimea perioadei de oprire a centralei.

După depăşirea punctului de stare critică, barele de reglare vor fi comandate astfel ca treptele creşterii de putere să nu impună o depăşire a vitezei de creştere a temperaturii elementului combustibil mai mare de $\pm$ 2 grad/min.

În perioada de pornire, vehicularea a cca. 20% din masa agentului de răcire a reactorului este asigurată prin motoarele mici, alimentate de la barele de servicii interne de 3 kV.

Pe măsură ce creşte puterea, încep să funcţioneze schimbătoarele de căldură, producînd treptat abur de joasă presiune. În timpul acestei perioade, o parte a aburului de joasă presiune este utilizată la pornirea şi funcţionarea turbinelor auxiliare, în timp ce aburul de înaltă presiune ce începe să se producă este utilizat la pornirea şi punerea în sincronism a unuia dintre turboalternatoarele principale.

Excesul de abur este dirijat către condensatoarele de pornire.

8.2. *Funcţionarea centralei între nivelul de putere de 20% şi puterea nominală*

Creşterea puterii reactorului peste nivelul de 20% se face în mod gradat, prin extragerea barelor de reglare din inima reactorului şi creşterea treptată a puterii compresoarelor de gaze. Aceste operaţii se fac manual, sau în mod automat cu ajutorul barelor de reglare automată.

Al doilea şi al treilea turboalternator se pun în funcţiune pe măsură ce se va produce suficient abur.

În timpul funcţionării la sarcina cuprinsă între 20—100% din sarcina nominală, încărcarea turbinelor principale se face automat sau manual.

8.3. *Oprirea*

Cînd este necesară oprirea reactorului, barele de reglare sînt introduse în miezul reactorului şi reactorul se opreşte în cîteva secunde.

Cînd este necesar să se oprească una sau două din turbinele principale, şi centrala este trecută pe comandă complet automată, sistemul de control este deblocat şi imediat începe reducerea puterii reactorului. Condiţiile de stabilitate sînt atinse în cîteva minute, dar va fi necesar în această perioadă să se eşapeze o parte din abur în atmosferă. Restul va putea fi introdus în condensatoarele de pornire.

În cazul particular cînd şi al treilea turboalternator va fi oprit, puterea reactorului va fi redusă pînă la 20%. Atunci va fi necesar ca aburul în exces să fie trimis în condensatoarele de pornire.

8.4. *Oprirea în caz de avarii*

Problema siguranţei reactorului a fost analizată foarte atent la proiectare, deoarece cea mai mică defecţiune pe lîngă pierderi materiale, prezintă şi pericolul infectării radioactive a zonei din jurul centralei.

Oprirea reactorului, în caz de avarie, se poate face prin: barele de siguranţă; mărirea coeficientului negativ de temperatură al reactivităţii; bile din materiale absorbante.

Barele de siguranţă permit să se oprească într-un timp foarte scurt funcţionarea reactorului, prin introducerea lor în canalele miezului.

Pentru ca barele de siguranţă să poată intra în funcţiune imediat ce s-a întrerupt alimentarea cu energie electrică, aceste bare au capetele inferioare introduse cîţiva centimetri în canalele respective din miez.

Cu toate că circuitele de siguranţă ale reactorului sînt extrem de sigure, totuşi, pentru a se preîntîmpina consecinţele foarte serioase pe care le-ar putea avea în caz de accident un reactor cu coeficient de temperatură pozitiv, scăpat de sub control, s-au prevăzut dispozitive speciale de introducere a unui coeficient de temperatură negativ în miezul reactorului. În cazul unui coeficient de temperatură negativ, la creşterea temperaturii, coeficientul de multiplicare a neutronilor se micşorează şi se opreşte reacţia nucleară. Aceste dispozitive sînt cuprinse în interiorul circuitului de răcire şi sînt inaccesibile persoanelor neautorizate.

Pentru cazurile cînd datorită cutremurelor, sau altor cauze, s-au deplasat canalele, şi barele de siguranţă nu pot fi introduse în miezul reactorului, s-a prevăzut posibilitatea opririi reactorului cu ajutorul unor bile metalice din aliaje cu bor. Aceste bile sînt depozitate în partea superioară a reactorului, de unde sînt lăsate să cadă libere în nişte canale, în cazul opririi reactorului sau al depăşirii excesive a temperaturii agentului de răcire.

8.5. *Accidente — avarii*

Extragerea accidentală a barelor de reglare este de cele mai multe ori cauza unei creşteri mari de putere. Pentru evitare, se prevede o interdependenţă între deplasarea diferitelor grupe de bare de reglare, astfel ca o manevră greşită la pornire să nu producă o creştere excesivă de putere.

Reducerea fluxului de agent de răcire datorită defectării uneia sau a ambelor turbine auxiliare poate fi cauza unei ridicări mai rapide a temperaturii combustibilului, decît în cazul creşterii temperaturii datorită măririi reactivităţii prin extragerea barelor de reglare.

De aceea a fost dată o atenţie deosebită asigurării circulaţiei agentului de răcire. Scoaterea din funcţiune simultană a ambelor turboalternatoare auxiliare este puţin probabilă. În cazul opririi totuşi a acestor turboalternatoare auxiliare, intră în funcţiune în mod automat motoarele mici alimentate de la bara de 3 kV, care pot asigura o circulaţie a agentului de răcire pînă la 20% din sarcina nominală a reactorului.

9. Concluzii

În concluzie, se constată că în prezent există posibilităţi tehnice care să poată garanta o siguranţă foarte ridicată în exploatarea centralei nucleare, deşi aceasta este legată de măsuri speciale care conduc la ridicarea investiţiilor specifice, la complicarea instalaţiei şi la o exploatare mai dificilă.

Investiţia specifică în centrală se estimează la cca. 365 $/kW, din care 141 $/kW reprezintă echipamentul importat şi 224 $/kW partea de construcţie şi livrările firmelor italiene. Faţă de investiţiile specifice în centrale termoelectrice-clasice de 130—190 $/kW în Italia şi 110—180 $/kW în Anglia, această investiţie este mai mare de 1,9—3,3 ori.

Perfecţionările care se vor aduce în urma construcţiilor de centrale de acest tip ce sînt în prezent în construcţie, ca şi experienţa de exploatare care se va realiza cu aceste centrale, vor permite să se aducă o serie de simplificări ale instalaţiilor şi să se reducă preţul de cost.

Bibliografie

[1] Energia Elettrica — septembrie 1959.
[2] Electrotehnica — nr. 8 bis (august) 1959.
[3] Nuclear Engineering — octombrie 1959.
[4] Engineering — noiembrie 1959.
[5] Atomic World nr. 1, 1959.
[6] Reiss Th. — Aspects économiques des Applications industrielles de l'Energie Nucléaire — Ed. Dunod, Paris, 1958.
[7] Nuclear Engineering — aprilie 1957.
[8] Water Power — Octombrie 1959.
[9] Economie et politique — decembrie 1959,
[10] Nuclear Engineering — februarie, martie, aprilie 1957.
[11] Nuclear Engineering — iulie 1958.
[12] The Journal of the Institution of Engineers — Australia — martie 1959.
[13] Energie Nucleaire — nr. 1, 2 şi 8, 1959.
[14] Atomkernenergie nr. 4 1959.
[15] Express Informaţia — mai 1959, ediţia 18 (nr. 67—70).
[16] L'Ingenere — august — 1959.

Reguli de amenajare a instalaţiilor electrice (cap. II—5); **Linii aeriene de energie electrică, cu tensiuni peste 1 000 V** (Gosenergoizdat, Moscova, 1959).

Lucrarea cu acest titlu formează o nouă ediţie a prescripţiilor sovietice pentru construcţia liniilor electrice aeriene de înaltă tensiune, făcînd parte din colecţia generală a prescripţiilor de amenajare a instalaţiilor electrice, în curs de reeditare în U.R.S.S.

Cu ocazia acestei reeditări, s-au cuprins în prescripţiile de linii de înaltă tensiune o serie de măsuri de proiectare, puse la curent cu dezvoltarea tehnicii noi în domeniul construcţiilor de linii electrice aeriene, tinzînd la reducerea costului liniilor, printr-o mai bună utilizare a rezervelor interne ale elementelor lor constructive. Totodată, s-au pus la punct, pe baza experienţei dobîndite între timp în practica exploatărilor energetice, anumite probleme, care erau schiţate în mod mai principial în ediţiile precedente ale prescripţiilor. În această categorie intră problema transpunerilor pe liniile de înaltă tensiune, problema măsurilor contra deteriorării conductoarelor prin vibraţii şi cea a plasării pe stîlpi comuni, fie a mai multor linii aeriene de energie electrică, de tensiuni diferite, fie a unor linii de energie electrică pe aceiaşi stîlpi cu circuite de telecomunicaţii, telesemnalizări şi radioficare.

O modificare esenţială, faţă de ediţiile anterioare, o constituie şi faptul că în cadrul prescripţiilor de construcţie a liniilor aeriene de înaltă tensiune s-au introdus şi prevederi privind protecţia acestora contra supratensiunilor atmosferice, precum şi prevederi privind legarea la pămînt, de protecţie a elementelor constructive ale acestor linii.

Analizînd diferitele capitole ale prescripţiilor menţionate se pot releva următoarele prevederi noi sau mai interesante, în ceea ce priveşte reducerea costului liniilor, fără scăderea siguranţei lor în exploatare.

În capitolul iniţial, privind *domenii de aplicare şi definiţii* se face în primul rînd o distincţie categorică între *regimul normal* de funcţionare al liniilor şi *regimul lor de avarii*, cel din urmă fiind caracterizat numai prin ruperi de conductoare. Tot aci se prevede condiţia executării unei transpuneri, pe liniile de 110÷220 kV mai lungi ca 100 km, ciclul de transpunere netrebuind să fie mai mare ca 250 km. În fine, în acelaşi capitol se limitează obligaţia de a se amenaja posturi de reparaţii şi de supraveghere, în lungul liniilor (care în vechile prescripţii erau obligatorii la distanţe de 20—50 km între ele), prevăzîndu-se ca acestea să se instaleze numai în zone greu accesibile sau cu depuneri intense de chiciură (polei). Totodată, se prescrie modul de echipare a acestor posturi şi legăturile lor prin telecomunicaţii, amenajarea de drumuri şi poteci în lungul liniilor, reguli de amplasare a stîlpilor în raport cu cursurile de apă şi de protecţia lor contra deteriorării de către vehicule, de marcare a stîlpilor şi de protejare a părţilor lor subterane. Tot aici se prevede obligativitatea iluminatului de semnalizare pe vîrful stîlpilor mai înalţi ca 50 m, precum şi de prevedere a liniilor de categoria I-a cu aparate pentru localizarea defectelor.

În capitolul tratînd despre *condiţiile climatice de calcul al liniilor* s-au redus, în primul rînd, coeficienţii de simultaneitate şi aerodinamic, intervenind în calculul presiunii vîntului, pe conductoare şi stîlpi, în proporţie pînă la 12% faţă de cei prevăzuţi în ediţia precedentă. Totodată se stabileşte o scară de variaţie a acestor coeficienţi, în funcţie de diametru şi de viteza vîntului, pentru conductoare şi de caracteristicile geometrice ale feţelor verticale şi secţiunilor orizontale, la stîlpi. Un element nou constă în faptul că, pentru liniile de categoria a II-a (alimentînd consumatori de categoria I-a şi a II-a, cărora întreruperile de alimentare le produc cel puţin deficite de producţie), vîntul maxim se poate admite în calcul la viteze de 25 pînă la 20 m/s, faţă de cifra fixă de 25 m/s, prevăzută în ediţia anterioară. În acelaşi timp se poate reduce cu 20% presiunea vîntului pe stîlpi şi conductoare, perpendicular pe linii în zone locuite, dacă acestea au înălţimi reprezentînd circa 1/3 din cea a stîlpilor; la fel şi în cazul liniilor ecranate prin păduri, sau adăpostite în văi. În fine, se stabileşte o scară de creştere a vitezei vîntului pe stîlpi, în funcţie de înălţimea acestora deasupra solului, cu limita superioară 45 m/s şi se recomandă topirea chiciurii (poleiului) pe cale electrică, în zone de depunere intensă a acesteia, în care caz se admite grosimea stratului de chiciură admis în calculul suprasarcinii pe conductoarele liniilor.

În ceea ce priveşte conductoarele şi armăturile lor, se constată o mărire a secţiunilor minime admise, faţă de ediţia precedentă, stabilindu-se limita inferioară la 25 mm² pentru cupru, oţel şi oţel-aluminiu (cu excepţii pentru liniile de categoria a II-a, unde se admit la oţel-aluminiu 16 mm² şi 10 mm² la cupru şi oţel, în zone nepopulate) şi 35 mm² pentru aluminiu şi aliajele sale (la categoria a II-a, în zone nepopulate, 25 mm²).

Dispoziţia nouă, cea mai interesantă, care apare în acest capitol este *reducerea coeficienţilor de siguranţă, în calculul mecanic al conductoarelor*, în zone populate şi la intersecţii cu alte linii sau cu căi de comunicaţie, de la 3 la 2,5, iar pentru conductoarele de oţel-aluminiu, de orice secţiuni, de la 3 la 2, acelaşi coeficient de siguranţă ca şi pentru zone nepopulate.

Pentru izolatoare se prevede o scară pentru tensiunile de conturnare pe ploaie, pe baza cărora se face alegerea acestora, separat pentru izolatoarele rigide şi izolatoarele-lanţ, funcţie de tensiunea nominală a liniei, pentru cele din urmă admiţîndu-se cazul montării pe stîlpi de lemn, faţă de care se sporeşte cu unul numărul elementelor de lanţ, în cazul montării pe stîlpi metalici şi de beton armat. Prescripţiile prevăd cazurile precise, în care liniile aeriene de înaltă tensiune de 110÷220 kV se pot prevedea fără conductoare de protecţie (în zone cu mai puţin de 20 ore pe an de manifestări electrice, pe porţiuni cu soluri rău conducătoare de curent sau în zone cu depuneri de chiciură intense), cum şi suprimarea prizelor de pămînt artificiale, în zone nepopulate, pe linii de 3÷20 kV. În fine, rezistenţa de dispersie a prizelor de pămînt se admite între 10 şi 30 ohmi, în loc de 10 ohmi, valoare admisă în ediţia precedentă.

În calculul stîlpilor s-a admis ca *indiferent de numărul conductoarelor montate pe aceştia*, să se calculeze, în ipoteze de avarie, stîlpii de întindere normali la două conductoare rupte, cei de întindere uşori la un singur conductor rupt, iar cei terminali, la două conductoare rămase întregi. În ediţia precedentă, acest număr putea fi luat egal cu trei sau cu două, în cazul a cel puţin două circuite pe aceiaşi stîlpi. În cazul stîlpilor de beton armat, se prescriu stîlpi cu armături pre- sau postensionate şi numai în mod excepţional, utilizarea armăturilor netensionate.

Un loc important în prescripţii îl ocupă prevederile privind intersecţiile liniilor electrice aeriene de alte linii şi cu căi de comunicaţii. Aici se stabileşte principiul nou, că unghiul de intersecţie între axele liniilor (căilor) traversante şi traversate nu se normează decît la căile ferate electrificate, între 90 şi 40°.

Se precizează toate detaliile necesare în privinţa intersecţiilor de linii între ele (de înaltă tensiune şi de telecomunicaţie şi semnalizare), cu o atenţie specială dată liniilor montate pe stîlpi comuni, stabilindu-se şi posibilitatea de a se trece cu linii de înaltă tensiune, la anumite înălţimi, peste clădiri neinflamabile şi ale întreprinderilor industriale.

În fine, faţă de ediţia precedentă, se prescriu în plus condiţii detaliate de traversare peste reţele de tramvaie şi troleibuse, care anterior se înglobau în cele pentru căi ferate electrificate.

Ing. **V. Răduleseu**

PIERRE HENRIET: Fonctionnement et protection des réseaux de transport d'electricité. (Lecţii profesate la E.S.E.). Paris-Gauthier Villars 1958, 372 p.

Cartea scrisă de P. Henriet, fost şef adjunct la Serviciul de studii al reţelelor din Direcţia de studii şi cercetări din Eléctricité de France reprezintă singura lucrare modernă scrisă în ultimul timp în Franţa, referitoare la reţelele electrice. Într-adevăr, de la ultima ediţie a cunoscutei cărţi* a lui J. Fallou nu a mai fost scrisă nici o altă carte de nivel superior în această direcţie. Ceea ce distinge această carte de alte lucrări similare este în primul rînd tematica ei. Autorul a ales acele probleme ale sistemului energetic pe care le-a considerat ca fiind cele mai reprezentative atît pentru formaţia teoretică a inginerului, cît şi pentru utilizarea practică în studiile concrete. Cartea se compune din două părţi. Partea întîi cuprinde următoarele cinci capitole:

1. Determinarea tensiunilor, curenţilor şi puterilor în diferite puncte ale reţelei.
2. Reglajul tensiunii şi puterii reactive în reţelele de transport.
3. Studiul reţelelor buclate.
4. Curenţi de scurtcircuit.
5. Calculul cîtorva regimuri disimetrice.

* Les réseaux de transmission d'énergie, 558 p., Gauthier-Villars.

Partea a doua se compune din două capitole:

6. Stabilitatea reţelelor.
7. Studiul sistemelor de protecţie.

În general, autorul nu se opreşte prea mult asupra problemelor clasice pe care doar le reaminteşte succint, fără a recurge la demonstraţii.

Materialul este prezentat într-o înşiruire logică, care poate fi foarte uşor citită şi care conţine informaţii practice importante cu o bună încadrare fizică a fenomenului. Se remarcă faptul că autorul a introdus la problema reglajului tensiunii coeficientul $\partial Q/\partial u$, fiind singurul autor occidental care utilizează acest criteriu (introdus în tehnica modernă de energeticienii sovietici Bruk şi Markovici). Se acordă un loc destul de important problemei reglajului transversal, a schemei echivalente a transformatorului cu reglaj transversal sub sarcină, cum şi problemelor de coordonare ale reglajului de tensiune şi de putere reactivă. Aceste probleme speciale sînt ilustrate şi prin exemple de calcul numerice.

Un loc important este rezervat calculului curenţilor de scurtcircuit, atît al celor simetrici cît şi al celor nesimetrici. Se insistă asupra determinării elementelor componente pentru diverse părţi ale reţelei sistemului energetic inclusiv a reţelelor de sarcină (caracteristicile sarcinii). În privinţa scurtcircuitelor asimetrice se tratează atît cazul disimetriilor într-un punct, cît şi cazul disimetriilor duble. Problemele legate de stabilitatea reţelelor electrice sînt tratate prin metoda clasică pas cu pas; se acordă totuşi o importanţă specială unor factori ca viteza de răspuns a excitatricei, inerţia maselor turnante etc.; se tratează de asemenea şi problema funcţionării asincrone a generatoarelor sistemului.

În ultimul capitol rezervat sistemelor de protecţie se face o trecere în revistă a principiilor de protecţie şi a principiilor pe care se bazează releele şi se analizează sumar schemele de protecţie ale maşinilor, transformatoarelor, barelor colectoare, liniilor aeriene şi cablurilor.

În ansamblu, cartea prezintă cele mai importante probleme care intervin în practica reţelelor de transport de energie electrică sub o formă uşor de citit şi care conţine informaţii tehnice de valoare. Prezentarea grafică este remarcabilă.

Ing. **A. Rothman**

I. P. 2. c. 1511

СОДЕРЖАНИЕ

Popovici T.: **К новым достижениям в энергетическом секторе.**

Energetica 8 (1960) Nr. 6, стр. 241–243

ДК 621.316.13.052.333

Rădulescu V.: **Двухфазная работа трехфазных линий с непосредственно замленной нейтралью.**

Подчеркивается значение непрерывного снабжениянотребителей электроэнергией, освещаются возможности двухфазной работы трехфазных линий с непосредственным заземлением нейтрали, без превышения предела вызывающего нарушение асимметрии напряжения у приемника потребителя. Далее вкратце освещается теория двухфазной работы упомянутых линий; даются указания по предварительному определению потери равновесия тока и асимметрии напряжения, как в случае питания из одного энергетического источника, так и их двухстороннего питания.

Energetica 8 (1960) Nr. 6, стр. 244–253

ДК 621—523.2

Popescu S.: **К вопросу эфективности автоматического замыкания запаса и о поведении защитного прибора при работе соответствующей автоматики.**

В статье дается подробное описание метода расчета регулировки и проверки элементов подключения к схеме ААР (автоматического включения запасов) в целях обеспечения ее наибольшей эффективности.

Energetica 8 (1960) Nr. 6, стр. 254–261

ДК 621.18

Ungureanu C.: **Промывка барботированием водяного пара для котлов РК-10 на ТЭЦ-Парошень.**

На основе термохимических испытаний, проведенных в 1959 г. на ТЭЦ—Парошень изложены результаты очистки пара, полученные после установки пароочистительных приспособлений.

Energetica 8 (1960) Nr. 6, стр. 262–269

КД 621.311.322; 621.187. 3.004

Vladimir N.: **Определение оптимального срока работы конденсационных турбин в период между двумя последовательными очистками конденсатора.**

Показан метод определения оптимального периода эксплуатации турбогенераторной установки с конденсационной турбиной между двумя последовательными очистками конденсатора. После теоретического изложения дается расчетный пример.

Energetica 8 (1960) Nr. 6, стр. 270–274

ДК 621.311.22; 621.187.12.004

Mircescu Valentina: **Опыт эксплуатации установки периодического действия для обработки воды.**

Описываются предложения по устранению затруднений возникающих при повышении содержания FeO в воде, в результате снижения обменоспособности серы и угля на одной из теплоэлектрических станций.

Energetica 8 (1960) Nr. 6, стр. 274–276

ДК 621.311.22.004.6

Munteanu R.: **Конструктивное изменение установки для приготовления штыба на ТЭЦ-Парошень.**

Показаны изменения внесенные в систему помола на ТЭЦ-Парошень в целях устранения затруднений в ее эксплуатации, вызванных повышенной влажностью угля.

Energetica 8 (1960) Nr. 6, стр. 277–278

ДК 621.2311.25.001.3

Badea A. и Wlezek C.: **Строительство атомной электростанции в Италии.**

Дается монография атомной электростанции Латина мощностью 200 мгвт, сооружаемой в настоящее время в Италии.

Energetica 8 (1960) Nr. 6, стр. 279–286

РЕЦЕНЗИИ, стр. 287—288

INHALTSVERZEICHNIS

Popovici T.: **Neuen Leistungen auf dem Gebiet der Energiewirtschaft entgegen.**

Energetica, 8 (1960) H. 6, S. 241–243

DK 621.316.18.052.333

Rădulescu V.: **Zweiphasiger Betrieb von Drehstrom-Hochspannungsleitungen mit starr geerdetem Nullpunkt.**

Für die ununterbrochene Versorgung der Verbraucher mit elektrischer Energie bildet der zweiphasige Betrieb der Drehstromnetze mit starr geerdetem Nullpunkt eine wichtige Lösung, falls die Spannungsdissymmetrie nicht die für den einwandfreien Betrieb der Empfänger zulässigen Grenzen überschreitet. Es werden, mit Bezug auf die Theorie des zweiphasigen Betriebs der Leitung, Hinweise für die Berechnung der ungleichen Strombelastung und Spannungsdissymmetrie, bei ein- oder zweiseitiger Einspeisung gegeben.

Energetica, 8 (1960) H. 6, S. 244–253

DK 621. 523.2

Popescu S.: **Betrachtungen über die Wirksamkeit der selbsttätigen Reservezuschaltung und das entsprechende Verhalten der Schutzeirichtungen.**

Es wird ein Verfahren für die Berechnung, Regelung und Prüfung der verschiedenen Geräte der selbsttätigen Reservezuschaltung zwecks Erzielung höchster Wirksamkeit angegeben.

Energetica, 8 (1960) H. 6, S. 254–261

DK 621.18.

Ungureanu C.: **Mischspülung des Dampfs mit Speisewasser bei Kesseln der Type PV-10 des Wärmekraftwerks Paroşeni.**

Darstellung der im Dampfkraftwerk Paroşeni im Jahre 1959 mit einer Dampfspülanlage erzielten Ergebnisse.

Energetica, 8 (1960) H. 6, S. 262–269

DK 621.311.22: 621.187.3.004

Vladimir N.: **Bestimmung der optimalen Betriebsdauer der Kondensationsturbinen zwischen zwei aufeinanderfolgenden Reinigungen des Kondensators.**

Es wird ein Verfahren erörtert zwecks Bestimmung der optimalen Betriebsdauer eines Turbosatzes mit Kondensationsturbine zwischen zwei aufeinanderfolgenden Reinigungen des Kondensators. Auf die theoretische Darstellung folgt ein Berechnungsbeispiel.

Energetica 8 (1960) H. 6, S. 270–274

DK 621.311.22; 621.187.12.004

Mircescu Valentina: **Versuchsweise Betriebsunterterbrechung der Wasseraufbereitungsanlage.**

Eine Reihe von Vorschlägen wird erörtert, zwecks Beseitigung der durch Erhöhung des FeO-Gehalts des Speisewassers infolge Verringerung der Austauschfähigkeit der Schwefelkohle erfolgten Betriebsstörungen.

Energetica, 8 (1960) H. 6, S. 274–276

DK 621.311.22.004. 6

Munteanu R.: **Bauliche Änderungen der Kohlestaubaufbereitungsanlage des Dampfkraftwerks Paroşeni.**

Beschreibung der an der Kohlestaubaufbereitungsanlage des Dampfkraftwerks Paroşeni, zwecks Beseitigung der infolge der Kohlenfeuchtigkeit bewirkten Betriebsschwierigkeiten vorgenommenen Änderungen.

Energetica, 8 (1960) H. 6, S. 277–278

DK 621.311.25.001.3

Badea I. A. und Wlezek, C.: **Das neue Kernkraftwerk Italiens.**

Beschreibung des zur Zeit in Bau befindlichen Kernkraftwerks Latina mit einer Leistung von 200 MW-e. Es werden die beim Bau der Anlage gewählten technischen Lösungen, Funktions- und Betriebsweise sowie technisch-wirtschaftliche Kennziffern angeführt.

Energetica, 8 (1960) H. 6, S. 279–286

REZENSIONEN, S. 287–288

SOMMAIRE

Popovici T.: **Vers de nouvelles réalisations dans le secteur de l'économie énergétique.**

Energetica, vol. **8** (1960) No. 6, p. 241–243

CD 621.316.13.052.333

Rădulescu V.: **Le fonctionnement en deux phases des lignes triphasées haute tension à mise à la terre directe**

L'auteur signale en premier lieu l'importance, pour l'alimentation ininterrompue en énergie électrique des consommateurs, de la possibilité, qui existe pour les lignes de transport triphasées au neutre directement lié à la terre, du fonctionnement de celles-ci en deux phases sans que la dissymétrie des tensions au récepteur dépasse un chiffre admissible pour leur bon fonctionnement.

Energetica, vol. **8** (1960) No. 6, p. 244–253

CD 621.523. 2

Popescu S.: **Considérations sur l'efficacité de l'enclenchement automatique de la réserve et le comportement de l'appareillage de protection au cas du fonctionnement de l'automatisation respective.**

On indique succinctement le mode de calculation, de réglage et de vérification des éléments connexes, à l'aide d'un schéma AAR (enclenchement automatique des réserfves), propre à lui assurer l'efficacité maximum

Energetica, vol. **8** (1960) No. 6, p. 254–261

CD 621.18

Ungureanu C.: **Le lavage par barbottage de la vapeur d'eau d'alimentation des chaudières PK–10 à la Centrale thermo-électrique de Paroşeni**

On expose les résultats, quant à la pureté de la vapeur, obtenus au moyen du montage des dispositifs pour le lavage de la vapeur, sur la base de certains essais thermochimiques exécutés à la Centrale thermo-électrique de Paroşeni en 1959.

Energetica, vol. **8** (1960) No. 6, p. 262–269

CD 621.311.322 ;621.187.3.004

Vladimir N.: **La détermination de la durée optimum de fonctionnement des turbines à condensation entre deux lavages successifs du condenseur.**

On présente une méthode de détermination du temps optimum de fonctionnement d'un groupe turbogénérateur à turbine à condensation entre deux lavages successifs du condenseur. Après l'exposé théorique, on donne un exemple de calcul.

Energetica, vol. **8** (1960) No. 6, p. 270–274

CD 621.311.22 ; 621.187.12.004

Mircescu Valentina: **L'expérience en matière d'exploitation à fonctionnement intermittent de l'installation de traitement de l'eau.**

On décrit une série de propositions appelées à resoudre certaines difficultés, rattachées à l'augmentation de la quantité de FeO dans le contenu de l'eau d'alimentation et à la réduction de la capacité d'échange du soufre-charbon, auxquelles on s'est heurté à une centrale thermoélectrique.

Energetica, vol. **8** (1960) No. 6, p. 274–276

CD 621.311.22.004.6

Munteanu R.: **Modifications d'ordre constructif apportées aux installations de préparation du charbon menu à la Centrale thermoélectrique Paroşeni.**

On décrit les modifications apportées dans le système de broyage appliqué à la Centrale thermoélectrique Paroşeni pour la suppression des difficultés dans l'exploitation causées par l'humidité du charbon.

Energetica, vol. **8** (1960) No. 6, p. 277–278

CD 621.311.25.001.3

Badea A. et Wlezek C.: **La construction d'une centrale nucléo-électrique en Italie.**

L'article contient une monographie de la centrale nucléo-électrique Latina à puissance de 200 MW-en cours de construction en Italie.

Energetica, vol. **8** (1960) No. 6, p. 279–286

COMPTES RENDUS, p. 287–288

CONTENTS

Popovici: T.: **Towards new achievements in the sector of energy economy**

Energetica, vol. **8** (1960) No. 6, p. 241–243

DC 621.316.18.1052.333

Rădulescu V.: **Functioning in two phases of the high voltage three-phase lines with direct earthing.**

The paper firstly shows the importance, for the uninterrupted electrical power supply of the customers, of the existing possibilities, for the three-phase transmission lines with direct earthing, of their functioning in two phases, without, as concerns voltage dissymetry at the customers, receivers exceeding the admissible degree for their good operation.

Energetica, vol. **8** (1960) No. 6, p. 244–253

DC 621.523.2

Popescu S.: **Considerations on the efficiency of the automatic coupling of the reserve and of the behaviour of the protection apparatuses in case of functioning of the respective automation.**

The paper indicates briefly the mode of computing, regulating and verifying the elements connected with an AAR (automatic coupling of the reserves)-scheme which be able to ensure the maximum efficiency to it.

Energetica, vol. **8** (1960) No. 6, p. 254–261

DC 621.18

Ungureanu C.: **Washing by steam clearing with feed water for P.K.-10 boilers of the TCE (thermo-electrical power station), Paroşeni.**

The results, concerning the purity of steam, obtained by setting-up the devices for steam washing, based on several thermo-chemical tests, carried out at the T.C.E. Paroşeni — are given

Energetica, vol. **8** (1960) No. 6, p. 262–269

DC 621.311.22 ; 621.187.3.004

Vladimir Nicu: **Determining the optimum operation duration of the condensation turbines between two successive washings of the condenser.**

A method is described of determining the optimum operating time of a turbo-generator set with condensing turbine between two successive washings of the condenser.

After the theoretical exposition an example of calculation is given.

Energetica, vol. **8** (1960) No. 6, p. 270–274

DC 621.311.22 ; 621.187.004

Mircescu Valentina: **The experience in exploitation with intermittent operation of the water purifying installation**

A series of suggestions are described, designed to solve some difficulties, because of the increase of FeO quantity in the content of feed water, and of the reduction of exchange capacity of sulfure coal, encountered at a thermal power station.

Energetica, vol. **8** (1960) No. 6, p. 274–276

DC 621.311.22.004.6

Munteanu R.: **Constructional modifications brought to the coal dust dressing plant of the thermo-electrical power plant, Paroşeni.**

The modifications, brought in the grinding system at the thermo-electrical power plant, Paroşeni, aiming at removing the difficulties in working, caused by the coal moisture, are described.

Energetica, vol. **8** (1960) No. 6, p. 277–278

DC 621.311.25.001.3

Badea A. and Wlezek C.: **The construction of a nuclear-electrical power station in Italy.**

The paper gives a monography of the Latina nuclear-electrical power station with a power of 200 MW-e, presently in course of construction in Italy.

Energetica, vol. **8** (1960) No. 6, p. 279–286

BOOK REVIEWS, p. 287–288

CENTRUL DE DOCUMENTARE TEHNICO-ECONOMICĂ A MINISTERULUI ELECTROTEHNICII

Triunghiul arderii Gazului Metan

L_0 = 9,52 m³/m³

$CO_{2\,max}$ = 1,00 m³/m³

Na + Ar = 0,79 · 9,52 = 7,52 „ „ 8,52

$CO_{2\,max}^{Orsat}$ = 1 : 8,52 = 11,74 %

La arderea cu: CO_{max}, CO_2 = O și n = 1

CO = 1 m³/m³

N_2 + Ar = 7,52 „ „

O_2 = 1 : 2 = 0,50 „ „ 9,02

CO_{max} = 1 : 9,02 = 11,1 %

$O_{2\,max}$ = 0,5 : 9,02 = 5,55%

Exemplu de calcul:

din analiza Orsat: CO_2 = 9,25%

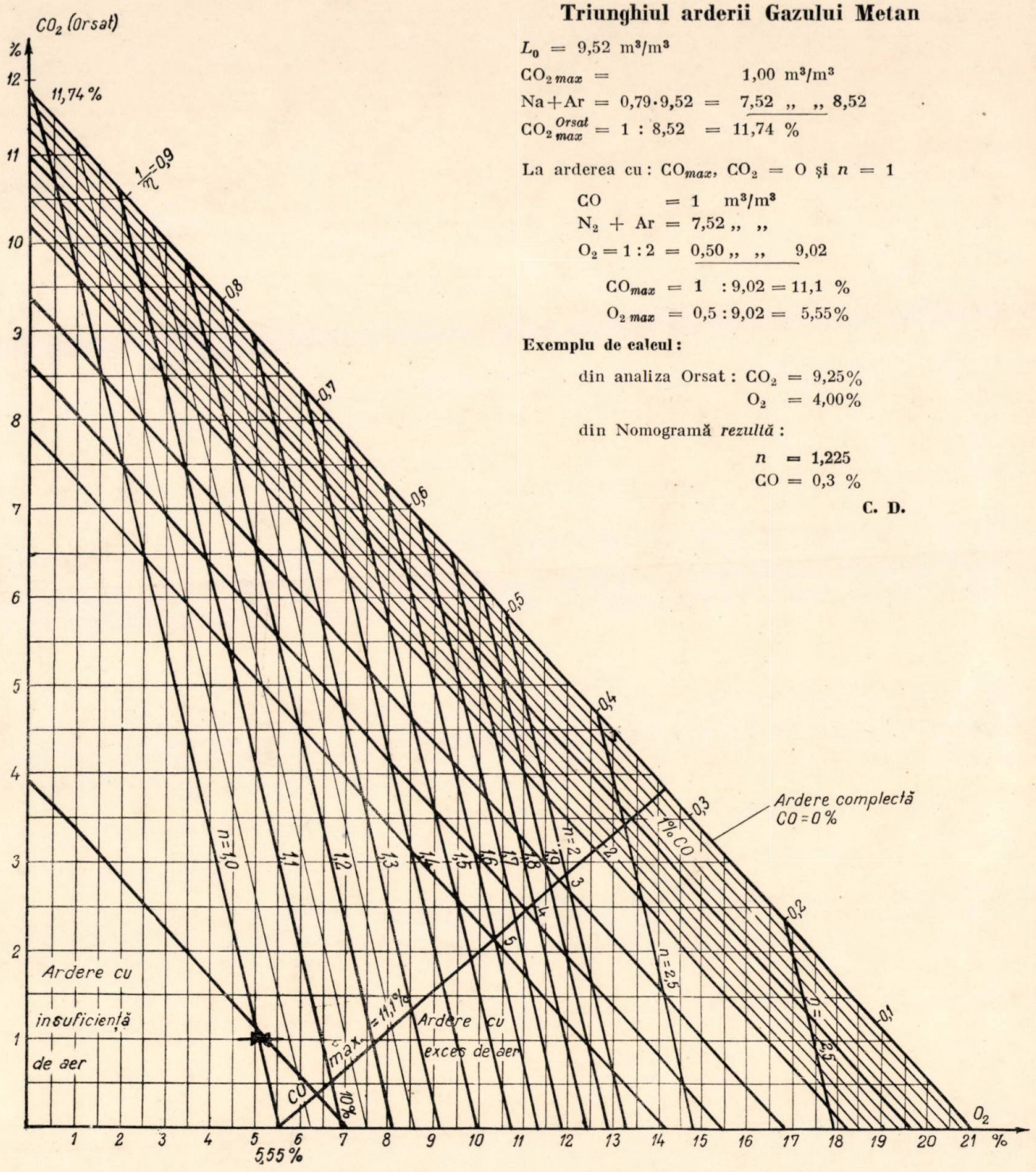
O_2 = 4,00%

din Nomogramă *rezultă*:

n = **1,225**

CO = 0,3 %

C. D.



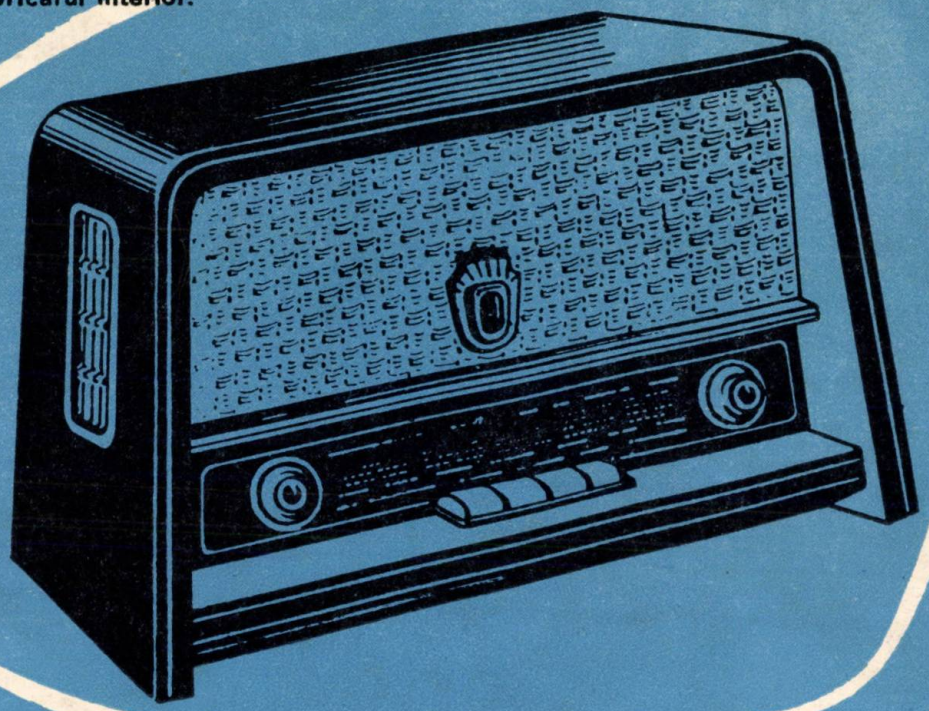
ELECTRONICA

VĂ OFERĂ PENTRU ANUL 1960
RADIORECEPTORUL DORIT DE DVS.

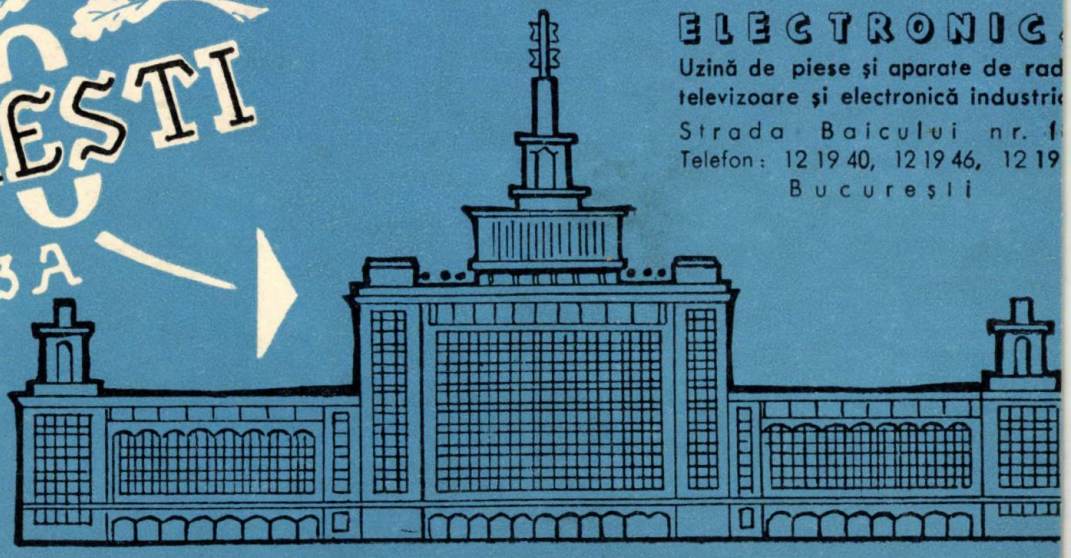
„BUCUREȘTI 500"

S 593 A

Performanțe excelente pe toate lungimile de undă.
Prevăzut cu două difuzoare permanent dinamice, aparatul vă oferă o audiție minunată datorită cîmpului sonor uniform ce se va crea în apartament.
Indicatorul optic de acord oferă posibilitatea unui acord rapid și precis.
Caseta armonios îmbinată este plăcută ochiului și dă o notă de eleganță oricărui interior.



BUCUREȘTI 500 S 593 A



ELECTRONICA
Uzină de piese și aparate de rad
televizoare și electronică industri
Strada Baicului nr. 1
Telefon: 12 19 40, 12 19 46, 12 19
București

E 2039

REFERATIVA

ENERGETICA

R

Energetica — Vol. 8 — iulie 7 nr. 7/1960 — p. 289-336 — București

1960

Un loc de întîlnire unde se vor lega noi relaţii amicale între cumpărătorii şi producătorii din întreaga lume.

TÎRGUL INTERNAŢIONAL DE MOSTRE DE LA BRNO, CEHOSLOVACIA

11 — 25 SEPTEMBRIE 1960

Aproximativ 2 500 000 persoane din 45 ţări au vizitat ultimul tîrg de la Brno.

La tîrgurile de la Brno îşi dau întîlnire expozanţi din toate ţările lumii.

Suprafaţa totală a parcului expoziţiei: 520 000 m²

Suprafaţa totală a pavilioanelor acoperite: 75.000 m²

Expozanţii din întreaga lume prezintă la tîrgul internaţional de mostre de la Brno produse ale industriei constructoare de maşini şi metalurgice, materii prime, semifabricate şi produse de larg consum ale industriei constructoare de maşini.

ENERGETICA

ANUL 8 Nr. 7 IULIE 1960

CUPRINS

x x x : **Congresul al III-lea al P.M.R., eveniment de seamă în lupta şi munca poporului romîn pentru construirea socialismului**

Energetica, 8 (1960), nr. 7, p. 289—292

CZ 621.311.1

Gheorghiu N. : **Perspectivele electrificării în R.P.R. în lumina istoricelor hotăriri ale Congesului al III-lea al P.M.R.**

Energetica, 8 (1960), nr. 7, p. 293—297

CZ 621.311.1 :518.001.24

Groza L. : **Utilizarea calculatorului numeric şi a metodei separării nodurilor în probleme actuale de stabilitate şi reglaj**

Se prezintă unele realizări în legătură cu utilizarea maşinii de calcul CIFA-2 a Institutului de Fizică Atomică al Academiei R.P.R. şi a metodei separării nodurilor, elaborată de ing. P. Dimo, în probleme de stabilitate şi reglaj, cu exemplificări concrete. Se constată că utilizînd maşina digitală şi metode noi de analiză a sistemelor electroenergetice, există mijloacele necesare pentru o analiză fină şi rapidă, necesare rezolvării problemelor din ce în ce mai complicate ce se pun pentru reţeaua noastră naţională şi pentru interconexiunile internaţionale. Primele rezultate obţinute pe această cale arată avantajele deosebite ale utilizării unei asemenea metode atît ca exactitate şi rapiditate, cît şi ca posibilităţi calitative superioare metodelor clasice de analiză a reţelelor electrice

Energetica, *8* (1960) nr. 7, p. 298—311

CZ 621.316.1.001.24

Petroianu A. : **Compararea metodei transfigurăţiei şi a metodei matriciale pentru calcularea reţelelor electrice buclate**

Se arată că metoda transfigurăţiei, folosită în calculul reţelelor buclate corespunde matematic algoritmului lui Gauss de rezolvare a sistemelor de ecuaţii lineare. Sînt comparate cele două metode din punct de vedere al numărului de operaţii necesare, arătîndu-se domeniile optime de folosire.

Energetica 8 (1960), nr. 7, p. 312—316

CZ 662.62.004.1

Carabogdan I., Pănoiu N. şi *Singer G.* : **Criterii de apreciere energetică a combustibililor solizi**

După trecerea în revistă a criteriilor uzuale de clasificare a combustibililor solizi se dau criterii complexe pentru clasificarea acestora în special din punct de vedere al comportării la ardere.

Se arată cum cu ajutorul criteriilor de apreciere energetică a combustibililor solizi se poate fixa tipul optim de instalaţie pentru arderea unui anumit sort de combustibil.

Energetica, 8 (1960), nr. 7, p. 320—323

CZ 621.316.935.027.3

Haţeganu I. : **Tratarea neutrului în sistemul de 35 kV Hunedoara**

Energetica, *8*. (06960), nr. 7, p. 320—323

CZ 662.69

Dinulescu C. : **Imbunătăţirea arderii gazelor în centralele electrice — realizări şi propuneri**

Energetica, *8* (1960), nr. 7, p. 324—325

SCHIMB DE EXPERIENŢĂ

CZ 621.311.22.004.15

Milităescu Gh. : **Rezultatele exploatării economice a CTE Paroşeni**

Energetica, *8* (1960), nr. 7, p. 326—328

DIN PRODUCŢIE, 328
DISCUŢII, 329
CRONICA, 330—333
DOCUMENTARE, 333—336

COMITETUL DE REDACȚIE

Prof ing. **I. D. STĂNCESCU**, redactor responsabil, conf. ing. **C. MIHĂILEANU**, redactor responsabil adjunct, conf. ing. **I. A. BADEA**, prof. ing. **M. BERCOVICI**, membru corespondent al Academiei R.P.R., laureat al Premiului de Stat, ing. **M. COGALNICEANU**, conf. ing. **E. CONSTANTINESCU**, ing. **P. DIMO**, laureat al Premiului de Stat, prof. ing. **C. DINCULESCU**, membru corespondent al Academiei R.P.R., ing. **I. V. HERESCU**, conf. ing. **N. MOLDOVEANU**, prof. ing. **C. PENESCU**, ing. **T. POPA**, ing. **S. SĂNDULESCU** și ing. **P. VICOL**

Revista „**ENERGETICA**", organ al Asociației Științifice a Inginerilor și Tehnicienilor din R.P.R. și al Ministerului Industriei Grele. Redacția : București, Str. Ion Ghica Nr. 3, Raion Tudor Vladimirescu, Telefon 16.78.78 — Administrația și Casieria : București, Calea Victoriei. Nr. 118, Raion I. V. Stalin. Telefon 14.06.24 — Revista este editată de A.S.I.T. — Abonamentele se primesc la administrația revistei, la sediul filialelor și subfilialelor A.S.I.T. din întreaga țară și prin responsabilii cu presa din cercurile A.S.I.T. — Instituțiile pot achita abonamentele pentru biblioteci și cabinetele tehnice în contul nostru de virament : Publicațiile Tehnice A.S.I.T. 070124 B.R.P.R. Filiala I. V. Stalin — București citori, tehnicieni și ingineri : lei 30 anual — Prețul unui exemplar : lei 5 — Tiparul : Intreprinderea Poligrafică Nr. 2, București.

c. 2139

ENERGETICA

ANUL 8
1960
Nr. 7
~~IUNIE~~ IULIE

ORGAN AL ASOCIAȚIEI ȘTIINȚIFICE A INGINERILOR ȘI TEHNICIENILOR DIN R.P.R.
ȘI AL MINISTERULUI INDUSTRIEI GRELE

MŰSZAKI KÖNYVTÁR 1883 ORSZÁGOS

Congresul al III-lea al Partidului Muncitoresc Romîn, eveniment de seamă în lupta şi munca poporului nostru pentru construirea socialismului

Congresul al III-lea al Partidului Muncitoresc Romîn, care a avut loc între zilele de 20—25 iunie a.c., a constituit un eveniment de seamă în viața și lupta poporului romîn, pentru pace și socialism.

Congresul al III-lea al P.M.R. a adoptat un vast program de muncă, care dă un puternic avînt tuturor forțelor creatoare ale țării. Aprobînd cu entuziasm hotărîrile Congresului, oamenii muncii din toate domeniile de activitate trec cu hotărîre la înfăptuirea măreților obiective cuprinse în planul de dezvoltare pe anii 1960—1965 și în schița planului economic de perspectivă pe 15 ani.

Raportul C. C. al P.M.R., prezentat de tovarășul Gheorghe Gheorghiu-Dej, constituie o analiză temeinică a realizărilor dobîndite de poporul muncitor din țara noastră în perioada dintre Congresul al II-lea și Congresul al III-lea al partidului, precum și o sinteză grăitoare a măreților perspective ce se deschid oamenilor muncii, în anii viitori.

Întrecerea socialistă care s-a desfășurat în întîmpinarea Congresului a prilejuit o puternică manifestare a fiecărui colectiv de a munci mai bine și mai cu spor, în scopul creșterii producției, sporirii productivității muncii și reducerii prețului de cost. Cu prilejul dezbaterii proiectului de Directive oamenii muncii au făcut peste 65 000 de propuneri și sugestii menite să ducă la îmbunătățirea proceselor de producție, la valorificarea pe o scară mai largă a resurselor interne, la introducerea tehnicii noi etc. Din totalul propunerilor făcute pînă la data de 14 iunie a.c., un număr de peste 700 au și fost acceptate pentru a fi puse în aplicare.

Realizările de seamă obținute în construirea bazei socialismului în țara noastră constituie o mărturie a legăturii indisolubile dintre partid și popor, o dovadă puternică a justeței învățăturii marxist-leniniste cu privire la construirea socialismului. Caracteristica principală a acestor realizări o constituie ofensiva neîntreruptă a socialismului, industrializarea țării, transformarea socialistă a agriculturii, revoluția culturală. Datorită aplicării consecvente în viață a învățăturii marxist-leniniste, unității de nezdruncinat dintre partid și popor, ajutorului și colaborării cu întregul lagăr socialist în frunte cu Uniunea Sovietică, în Republica Populară Romînă a fost creată baza economică a socialismului.

Conform datelor preliminare există perspectiva ca pînă la sfîrșitul anului 1960 producția industrială să fie cu circa 67% mai mare în comparație cu anul 1955, în loc de 60—65% cît era prevăzut în Directivele Congresului al II-lea.

La o serie de produse industriale principale, producția crește în 1960 față de 1955, astfel: la energia electrică de circa 1,8 ori, la minereuri de fier de 2,2 ori, la oțel de 2,2 ori, la motoare electrice de 3,7 ori, la tractoare de 4,6 ori, la autocamioane de 2,8 ori, la îngrășăminte chimice de 6,6 ori, la textile de circa 1,3 ori, la carne și preparate de carne de circa 1,4 ori, la zahăr de 2,5 ori etc.

O înfăptuire de seamă o constituie realizarea cu un an mai devreme a sarcinilor industriei constructoare de mașini, a cărei producție întrece în anul 1960 de peste două ori pe aceea din 1955 și de zece ori pe aceea din 1938.

De asemenea, înfăptuirea înainte de termen a planului de electrificare a țării elaborat pe o perioadă de zece ani constituie o mare victorie a oamenilor muncii din țara noastră, care se încadrează în indicațiile date de marele Lenin, cu privire la necesitatea dezvoltării producției de energie electrică cu un pas înaintea celorlalte ramuri ale economiei.

În Raport se subliniază, de asemenea, faptul că depășirea producției de energie electrică s-a realizat cu un volum de investiții mai mic cu circa 5,5 miliarde lei decît prevederile inițiale. În același timp s-a pus accentul pe construcția de termocentrale, care, în condițiile țării noastre,

constituie soluția cea mai economică. Prin creșterea producției de energie electrică s-a dat un avînt deosebit industrializării socialiste a țării, introducerii tehnicii avansate și trecerii la mecanizarea și automatizarea unor procese de producție, pentru dezvoltarea întregii economii naționale.

În prezent industria socialistă a țării noastre realizează în numai 11 săptămîni întreaga producție industrială a anului 1938.

În agricultură, sarcina trasată de Congresul al II-lea al partidului de a se asigura preponderența sectorului socialist ca suprafață și ca producție marfă, a fost îndeplinită încă la sfîrșitul anului 1959. Sectorul socialist din agricultură cuprinde peste 81% din numărul gospodăriilor țărănești și din suprafața arabilă a țării.

Datorită înfăptuirilor înregistrate în toate ramurile producției materiale au crescut continuu acumulările socialiste, ceea ce a permis ca în anii 1956—1960 să se investească în economia națională fonduri de circa 84 miliarde lei. În anii 1956—1959 au fost construite 101 întreprinderi noi, 93 secții noi, iar 294 de întreprinderi au fost reutilate și dezvoltate. Au fost ridicate la o viață nouă regiuni aflate înainte în stare de înapoiere, se schimbă necontenit înfățișarea țării noastre.

Prin organizarea corespunzătoare a producției, introducerea tehnicii noi, calificarea mai înaltă a muncitorilor, folosirea judicioasă a rezervelor interne, productivitatea muncii a crescut în 1960 cu 48% față de 1955, ceea ce corespunde unui ritm anual de creștere de peste 8%. Totodată prețul de cost a fost redus în anii 1956—1959 pe întreaga industrie cu 12%. Toate acestea au dus la sporirea venitului național de aproximativ 2,7 ori în anul 1960, față de 1938 și de 1,4 ori față de 1955.

În directă legătură cu dezvoltarea forțelor de producție au stat și măsurile luate de partid și guvern pentru sporirea veniturilor oamenilor muncii. Astfel, salariul real a crescut în 1959 cu 33% față de 1955, îndeplinindu-se cu un an mai devreme sarcina trasată de Congresul al II-lea al partidului.

Faptul că cifrele înscrise în urmă cu cinci ani în documentele Congresului al II-lea al partidului a devenit astăzi realitate vie, dă un puternic sentiment de încredere și de hotărîre întregului popor muncitor din Republica Populară Română pentru îndeplinirea cu succes a prevederilor planului de șase ani și a planului de perspectivă pe 15 ani, program măreț de construcție pașnică și avîntată a socialismului.

★

După cum a subliniat tovarășul Gheorghe Gheorghiu-Dej în Raportul C. C. al P.M.R. prezentat la cel de-al III-lea Congres al partidului: „Obiectivul principal al planului economic pe anii 1960—1965 este dezvoltarea bazei tehnico-materiale a socialismului, încheierea procesului de făurire a relațiilor de producție socialiste în întreaga economie, în vederea desăvîrșirii construcției socialismului".

Prin continuarea în ritm susținut a politicii de industrializare a țării — acordîndu-se prioritate industriei grele cu pivotul ei, industria constructoare de mașini — nivelul producției industriale va fi în 1965 de 2,1 ori mai mare față de 1959; prin aceasta se va realiza un ritm anual mediu de circa 13% față de aproximativ 10% cît a fost în anii 1954—1959.

Obiectivul principal al programului de perspectivă pe viitorii 10 ani îl va constitui construirea și darea în folosință a Centrului siderurgic de la Galați, care va putea prelucra în etapa finală 4 milioane tone de oțel. Pentru construirea și aprovizionarea combinatului vom primi un sprijin prețios din partea Uniunii Sovietice prin transmiterea de documentație tehnică, acordarea de consultații institutelor de proiectare din R.P.R., pregătirea tehnică a unor cadre de specialiști din țara noastră, livrarea de utilaje moderne de mare capacitate.

O puternică cotitură a vut loc în ultimii ani și în viața satelor noastre. A fost lichidată chiaburimea, desființîndu-se astfel ultimele forme de proprietate capitalistă în agricultură. Crește și se consolidează sectorul socialist-cooperatist care cuprinde în prezent 2 920 000 de familii țărănești față de 382 000 de familii în anul 1955. Se dezvoltă conștiința socialistă a maselor țărănești, se întărește zi de zi alianța muncitorească-țărănească.

Statul democrat-popular a acordat un puternic sprijin în dezvoltarea sectorului colectivist prin punerea la dispoziție de mijloace mecanizate, cadre de ingineri și tehnicieni agricoli, credite avantajoase, semințe selecționate, animale de rasă etc. În urma condițiilor favorabile create de partid și guvern se poate aprecia că procesul de colectivizare a agriculturii se va încheia pînă în anul 1965.

Dezvoltarea puternică a forțelor de producție, precum și capacitatea crescîndă a economiei noastre naționale, au determinat sporirea continuă a acumulărilor statului și implicit a fondurilor de investiții. Astfel, în perioada 1960—1965 volumul de investiții din fondurile statului va fi de 170—180 miliarde lei, aproximativ de două ori mai mult decît în perioada de șase ani precedentă. Peste 180 de întreprinderi noi și aproape 300 de secții noi vor intra în funcțiune în industria republicană. Vor fi totodată lărgite și reutilate aproape 400 de întreprinderi din toate ramurile industriei, la care se vor adăuga și întreprinderile ce vor fi construite în industria locală.

Productivitatea muncii, care constituie una din problemele de frunte ale construcției socialiste, va crește în anii 1960—1965 cu 60—65%,

obținîndu-se prin aceasta peste 70% din sporul producției industriale. Prin sporirea acumulărilor socialiste se prevede de asemenea reducerea prețului de cost în industria republicană cu 15—16%.

Măsurile ce vor fi luate pentru ridicarea activității economice pe o treaptă superioară vor duce la creșterea venitului național în perioada 1960—1965 de 0,7—1,8 ori. Se va crea astfel o bază trainică pentru creșterea salariului real pînă în 1965 cu 40—45% față de nivelul din a doua jumătate a anului 1959.

Problemelor cu caracter social-cultural li se acordă de asemenea o grijă deosebită. În vederea dezvoltării învățămîntului, așezămintelor culturale, ocrotirii sănătății, cercetărilor științifice, construcțiilor de locuințe etc. statul democrat-popular va investi de două ori mai mult decît în anii 1954—1959. Pentru asigurarea oamenilor muncii cu locuințe corespunzătoare se vor construi circa 300 000 de apartamente, adică de peste trei ori mai mult decît s-a realizat în cei șase ani precedenți.

După cum a arătat tovarășul Gheorghe Gheorghiu-Dej în Raportul prezentat la cel de-al III-lea Congres al partidului: „înfăptuirea prevederilor planului de șase ani, prima etapă a programului de perspectivă, a cărui schiță a fost întocmită în ultimii doi ani, va deschide în fața poporului nostru noi orizonturi și mai luminoase: desăvîrșirea construcției socialiste și perspectiva trecerii treptate la construirea comunismului".

Schița planului de perspectivă pe anii 1960—1965 prevede intensificarea industrializării socialiste a țării, astfel ca într-o perioadă cît mai scurtă să ajungem la nivelul țărilor mai avansate din punct de vedere al producției și consumului calculat pe locuitor.

Conform studiilor efectuate există posibilitatea creșterii producției industriale globale în următorii 15 ani de peste șase ori, ritmul mediu anual de creștere a producției industriale fiind în această perioadă de aproximativ 13%.

Cuceririle științei și tehnicii celei mai înaintate vor fi larg răspîndite în toate domeniile de activitate. Se va termina mecanizarea lucrărilor grele și cu volum mare de muncă, vor lua un mare avînt mecanizarea complexă și automatizarea proceselor tehnologice, ușurînd munca și condițiile de viață ale omului.

★

Lucrările Congresului al III-lea al P.M.R. au constituit un minunat prilej de manifestare a dragostei și încrederii oamenilor muncii față de detașamentul său de avangardă, Partidul Muncitoresc Romîn, care urmînd neabătut principiile marxism-leninismului conduce cu pricepere poporul muncitor din patria noastră pe drumul construirii socialismului.

Succesele obținute sînt strîns legate de faptul că poporul romîn construiește socialismul în cadrul sistemului mondial socialist, că în toate domeniile de activitate se simt roadele sprijinului frățesc al Uniunii Sovietice și ale colaborării cu țările lagărului socialist.

Strîns uniți în jurul partidului și al Comitetului său Central, în frunte cu tovarășul Gheorghe Gheorghiu-Dej, oamenii muncii din Republica Populară Romînă sînt hotărîți să-și consacre întreaga lor putere de muncă, inițiativa, talentul și priceperea lor, pentru victoria deplină a cauzei socialismului în țara noastră, pentru triumful cauzei păcii în lumea întreagă.

Cu mult entuziasm au salutat participanții la cel de-al III-lea Congres al P.M.R. delegația gloriosului Partid Comunist al Uniunii Sovietice, în frunte cu tovarășul Nikita Sergheevici Hrușciov, prim-secretar al Comitetului Central al Partidului Comunist al Uniunii Sovietice, președintele Consiliului de Miniștri al Uniunii Republicilor Socialiste Sovietice. Cuvîntarea rostită de tovarășul N.S. Hrușciov de la tribuna Congresului reprezintă o înaltă apreciere făcută realizărilor obținute de poporul nostru în munca de construire a socialismului, precum și o profundă analiză a situației internaționale și poziției Uniunii Sovietice în problemele slăbirii încordării internaționale, coexistenței pașnice și menținerii păcii în lume. A fost subliniată de asemenea, cu acest prilej, marea însemnătate internațională a succeselor popoarelor din țările socialiste, care însuflețesc pe oamenii muncii din țările capitaliste la lupta pentru promovarea intereselor lor vitale, pentru o viață liberă, lipsită de exploatare.

Cu deosebită bucurie a salutat poporul nostru prezența la Congresul partidului a reprezentanților celor 50 de partide comuniste și muncitorești. Înaltele aprecieri cuprinse în cuvîntările lor de salut, în care se subliniază importanța succeselor obținute de oamenii muncii din țara noastră sub conducerea și îndrumarea partidului, constituie un îndemn de a munci mai bine, de a întări lupta pentru traducerea în viață a ideilor marxism-leninismului, de a contribui neîncetat la întărirea și dezvoltarea cauzei socialismului.

Raportul C.C. al P.M.R. prezentat de tovarășul Gheorghe Gheorghiu-Dej la cel de-al III-lea Congres al partidului a cuprins de asemenea o analiză a situației internaționale, un bilanț al luptei poporului romîn pentru triumful cauzei păcii, împotriva politicii imperialiste.

Cu acest prilej a fost subliniată creșterea conștiinței maselor exploatate — din țările imperialiste, dependente și din colonii — care, sub conducerea partidelor comuniste și muncitorești luptă mereu mai intens pentru revendicări politice și economice, pentru suveranitate și independență națională, pentru pace și prosperitate.

Cresc și se întăresc partidele de avangardă ale proletariatului, se dezvoltă necontenit influența acestora în rîndurile popoarelor asuprite și subjugate. În același timp toate încercările reacțiunii internaționale și ale agenților acesteia de a sparge unitatea mișcării comuniste mondiale și a semăna confuzie în rîndurile ei au suferit o înfrîngere zdrobitoare.

În prezent, criza generală a capitalismului, accentuată de formarea și dezvoltarea sistemului mondial socialist, se adîncește necontenit prin destrămarea sistemului colonial, ajuns astăzi în faza lichidării sale totale.

Popoarele de pretutindeni găsesc un sprijin de nădejde în politica fermă promovată de Uniunea Sovietică și de țările lagărului socialist, menită să zădărnicească uneltirile cercurilor imperialiste, care, neținînd seama de voința de pace a popoarelor, urmăresc dezlănțuirea unui nou război mondial.

Forța de neînvins a lagărului socialist face ca problema coexistenței pașnice și a eliminării războaielor din viața societății să devină un factor hotărîtor în viața politică internațională. În același timp, se întărește continuu prestigiul de care se bucură Republica Populară Romînă ca un factor activ în menținerea și întărirea păcii. Poporul romîn este pătruns de importanța rolului ce îi revine în cadrul luptei lagărului socialist pentru apărarea principiilor de libertate, independență și construcție pașnică și este ferm convins că în întrecerea pașnică dintre cele două sisteme victoria va fi de partea socialismului.

Cu un deosebit interes a fost urmărit atît în țara noastră, cît și în lumea întreagă Comunicatul cu privire la întîlnirea reprezentanților partidelor comuniste și muncitorești din țările socialiste. Credincioase marxism-leninismului, strîns legate de popor, partidele comuniste și muncitorești exercită o influență crescîndă asupra maselor iubitoare de pace din lumea întreagă, care devin tot mai active în lupta lor pentru preîntîmpinarea unui nou război. Comunicatul subliniază faptul că mersul evenimentelor internaționale și al dezvoltării țărilor sistemului mondial socialist confirmă orientarea dată luptei partidelor revoluționare de Declarația Consfătuirii de la Moscova din 1957 și de Manifestul Păcii, care reprezintă programul de luptă pentru pace, democrație și socialism al mișcării comuniste și muncitorești.

Coeziunea și unitatea de nezdruncinat a țărilor socialiste sînt garanția trainică a construirii socialismului și comunismului, apărării independenței naționale și menținerii păcii în lumea întreagă.

*

Congresul al III-lea al Partidului Muncitoresc Romîn a elaborat un vast program al construcției pașnice în țara noastră, cauză a întregului popor muncitor. Rezoluția Congresului al III-lea al P.M.R., care sintetizează problemele cele mai importante cuprinse în Raportul Comitetului Central prezentat de tovarășul Gheorghe Gheorghiu-Dej și trasează sarcinile de bază ce revin tuturor sectoarelor de activitate pentru aducerea la îndeplinire a prevederilor planurilor de dezvoltare a economiei naționale, adresează oamenilor muncii din țara noastră o puternică chemare pentru realizarea cu succes a sarcinilor ce le revin.

Urmînd neabătut drumul pe care singur și l-a ales, strîns unit în jurul partidului său, poporul muncitor din patria noastră este hotărît să folosească cu un avînt sporit energia sa creatoare, în scopul construirii socialismului și apărării cauzei nobile a păcii.

Perspectivele electrificării în R.P.R. în lumina istoricelor hotărîri ale Congresului al III-lea al P.M.R.

Conf. ing. *N. GHEORGHIU*
Adjunct al Ministrului Industriei Grele

Documentele celui de al III-lea Congres al Partidului Muncitoresc Romîn prezintă un tablou grandios al realizărilor de însemnătate istorică obținute de oamenii muncii din R.P.R. în opera de construire a socialismului, ca și al măreților perspective de dezvoltare a economiei naționale prin înfăptuirea sarcinilor planului de dezvoltare pe anii 1960—1965 și ale schiței planului economiei de perspectivă pe 15 ani.

Aplicînd în mod consecvent învățătura marxist-leninistă de industrializare a țării, bazată pe dezvoltarea cu precădere a industriei grele și în deosebi a pivotului ei — construcția de mașini — partidul nostru a acordat o deosebită atenție electrificării țării, pentru a permite trecerea pe o bază tehnică nouă, a marii producții socialiste în industrie și agricultură.

În fundamentarea științifică a acestui program, P.M.R. pornește de la învățătura leninistă potrivit căreia electrificarea este o cerință hotărîtoare pentru succesul construcției socialiste și comuniste.

„Pe temelia orînduirii sovietice — *scrie Lenin* — electrificarea va făuri victoria definitivă a bazelor comunismului ...., a bazelor unei vieți civilizate, fără exploatatori, fără capitaliști, fără moșieri și fără negustori" [1].

Încă din primele luni după instalarea regimului democrat-popular din țara noastră, partidul a înscris între obiectivele de perspectivă sarcina electrificării întregii țări. În raportul prezentat de tovarășul Gh. Gheorghiu-Dej la conferința națională a P.C.R. din octombrie 1945, se arată că prin construirea unei rețele de centrale electrice se va putea purcede la electrificarea căilor ferate și întrebuințarea masivă a energiei electrice în dezvoltarea tuturor industriilor noastre. De asemenea, prin extinderea rețelei de curent electric, se va putea introduce lumina și forța electrică pînă în cel mai depărtat cătun al țării, ridicîndu-se astfel nivelul de viață și de cultură al plugărimii noastre. Iar atunci cînd în țara noastră a fost elaborat planul decenal de electrificare a țării (1951—1960), Comitetul Central al partidului a apreciat că el poate fi considerat ca parte integrantă a programului partidului.

Prevederile planului de electrificare a țării, pentru etapa 1951—1960 de la a cărei aprobare de către Comitetul Central se împlinesc 10 ani la 26 octombrie 1960, au fost îndeplinite cu aproape un an mai devreme.

Astfel în anul 1960 producția de energie electrică va fi de 7,7 miliarde kWh, adică cu 10% peste prevederile planului, față de 1,1 miliarde kWh în 1938 și 2,1 miliarde kWh în 1950.

După cum reiese din raportul C.C. al P.M.R. prezentat de tov. Gh. Gheorghiu-Dej la Congresul al III-lea, depășirea producției de energie electrică se realizează cu un volum de investiții mai mic cu cca 5,5 miliarde lei decît prevederile inițiale, datorită îmbunătățirii aduse planului pe parcursul realizării lui.

Această realizare a unei producții mărite de energie cu o putere instalată mai mică, s-a putut obține printr-o mărire importantă a orelor de utilizare, prin crearea și dezvoltarea sistemului energetic interconectat care a permis vehicularea energiei spre centrele urbane sau industriale unde i se simțea lipsa, și mai ales printr-o mai bună organizare a exploatării instalațiilor. Astfel durata de utilizare a puterii instalate în centralele electrice a crescut de la 2280 ore/an în 1950 la 4200 ore/an în 1960.

In perioada 1951—1960 puterea instalată a țării crește de la 740.000 kW la 1.835.000 kW din care majoritatea concentrată în termocentrale importante avînd grupuri cu puteri unitare mari și parametrii ridicați ai aburului. In același timp s-au făcut primii pași pentru introducerea pe scară largă a termoficării industriale și urbane prin punerea în funcțiune a unor centrale de termoficare cum ar fi CTE Borzești, primul grup al CTE Brazi, etc.

Datorită concentrării producției de energie electrică în centrale puternice, a dezvoltării termoficării, a introducerii tehnicii noi și a muncii perseverente a personalului de exploatare și în special a comuniștilor, s-a reușit ca în acest sector consumul specific de combustibil să fie redus de la 0,683 kg cc/kWh în 1956 la cca 0,500 kg cc/kWh în 1960, ceea ce echivalează pentru acest interval de timp cu o economie de aproximativ 950.000 tone combustibil convențional.

Deși în perioada planului de electrificare s-a pus un accent deosebit pe construirea de termocentrale, aceasta fiind o soluție mai avantajoasă din punct de vedere economic în etapa actuală, s-au executat în această perioadă și importante lucrări de centrale hidroelectrice. Astfel în 1960 va intra în funcțiune UHE „V. I. Lenin" de la Bicaz care va avea o putere instalată de 210 MW în etapa finală.

[1]) V. I. Lenin: „Despre dezvoltarea industriei grele și electrificarea țării" ESPLA 1956, pag. 55.

Prin construirea de numeroase și puternice linii electrice aeriene de înaltă tensiune s-a reușit să se creeze sistemul energetic național unic, la care vor fi racordate la sfîrșitul acestui an toate centralele importante din țară; în anul 1960 peste 90% din producția totală de energie va fi obținută din centrale interconectate, față de 80—85% prevăzut în directivele Congresului al II-lea.

* * *

Planul de dezvoltare a economiei naționale pe anii 1960—1965 și schița planului pentru etapa de perspectivă, menite să asigure desăvîrșirea construcției socialiste și crearea posibilităților de trecere treptată la construirea comunismului în țara noastră, prevăd intensificarea industrializării țării, astfel ca într-o perioadă cît mai scurtă să ajungem la nivelul țărilor mai avansate din punct de vedere al producției și consumului calculat pe cap de locuitor.

In aceste condiții ale avîntului continuu, rapid și multilateral al forțelor de producție ale țării, cresc considerabil nevoile de energie electrică.

De aceea în documentele Congresului al III-lea al PMR privind planul de dezvoltare a economiei naționale pentru anii 1960—1965 se spune: „În viitorii 6 ani electrificarea țării va cunoaște un nou și puternic avînt, creșterea producției de energie electrică precedînd mereu pe a celorlalte ramuri ale industriei".

Astfel se prevede ca în anul 1965 producția de energie electrică să ajungă la 18,5 miliarde kWh adică la un nivel de 2,7 ori față de 1959. Sporul mediu anual al producției de energie electrică va fi în aceeași perioadă de 18% față de sporul de 13% al producției industriale; în acest fel se asigură creșterea continuă a electrificării tuturor proceselor din economie și a consumului de energie la orașe și sate.

Puterea industrială în centrale electrice va crește în această etapă cu 2300 MW, ajungînd de la 1600 MW în 1959 la 3900 MW în 1965.

Din sporul de putere prevăzut, cca 80% va fi instalat în centrale termoelectrice, folosind gaze de joasă presiune, lignit și deșeuri de cărbune, iar restul de 20% în centrale hidroelectrice.

Corespunzător creșterii puterii instalate în centralele electrice se va dezvolta sistemul electroenergetic prin extinderea rețelelor de transport și distribuție. Astfel se prevede construirea pînă în 1965 de peste 23000km de linii electrice de transport din care 750 km de linii de tensiune foarte înaltă, cca 2500 km de linii de 110 kV și peste 20000 km de linii de 6 kV, 15 kV și 35 kV.

In cei 750 km de linii electrice aeriene de tensiune foarte înaltă se cuprind linii de 220 kV a căror construcție va începe în anii 1960—1961 și o linie de 400 kV pentru interconexiunea cu sistemul energetic al Cehoslovaciei, a cărei construcție va începe în 1961. Prin construirea liniei de 400kV, RPR va intra în rîndul puținelor țări care au linii de 380—400 kV. In vederea proiectării acestor linii s-au efectuat studii tehnico-economice detailate pe baza ultimelor realizări în acest domeniu din lumea întreagă; acestea vor permite proiectarea și construirea acestor linii de 220 și 400 kV la nivelul tehnicii moderne.

Prin construirea numeroaselor linii arătate mai sus, gradul de interconexiune prevăzut pentru anul 1965 va fi de 95%.

Pentru etapa 1965—1975 electrificarea țării joacă în continuare un rol de prim rang în programul de dezvoltare a bazei tehnico-materiale necesare desăvîrșirii construcției socialismului și trecerii la comunism. Astfel pentru anul 1975 se prevede ca producția de energie electrică să ajungă la 65—70 miliarde kWh, adică de 10 ori mai mare decît în 1959, revenind la 3000—3200 kWh pe cap de locuitor, ceea ce va asigura un pas uriaș înainte în dezvoltarea forțelor de producție.

O condiție principală pentru îndeplinirea cu succes a sarcinilor planului economic pe anii 1960—1965 este introducerea tehnicii celei mai noi în toate domeniile economiei naționale. Aceasta este, după cum se arată în Hotărîrea CC al PMR și a Consiliului de Miniștri cu privire la ridicarea nivelului tehnic al producției: „un mijloc principal de creștere a productivității muncii, de reducere a consumurilor specifice de materii prime, materiale și combustibil, de creștere a calității producției și de scădere a prețului de cost în vederea dezvoltării mai departe a economiei naționale și creșterii nivelului de trai al oamenilor muncii din țara noastră".

In etapa actuală, cînd se introduc pe scară din ce în ce mai largă mecanizarea și automatizarea tuturor proceselor de producție, cînd energia electrică este din ce în ce mai mult folosită, cînd consumul de energie electrică pe unitatea de produs este într-o continuă creștere, este evidentă necesitatea asigurării unei capacități energetice capabile să satisfacă în condițiile unei tehnici înaintate toate cererile de energie electrică ale consumatorilor.

Totodată este necesar ca importantele fonduri de investiții prevăzute pentru realizarea obiectivelor energetice să fie astfel cheltuite încît pentru stadiul actual al tehnicii să se realizeze o eficacitate economică cît mai ridicată.

Toate aceste necesități cer ca muncitorii, tehnicienii și inginerii angrenați în munca de proiectare, execuție și exploatare a obiectivelor electroenergetice să promoveze cu curaj soluțiile cele mai noi și mai avantajoase din punct de vedere tehnic și economic, ținînd seama de ultimele realizări pe plan mondial; numai astfel se va putea realiza o sporire a eficacității economice a investițiilor și o grăbire a ritmului lucrărilor.

În proiectare *trebuie să se introducă soluții bazate pe concepții noi; proiectele trebuie elaborate pe baza celor mai avansate realizări din tehnica mondială.*

Este necesar să se extindă și să se aprofundeze metoda comparațiilor tehnico-economice pentru a se putea alege soluția cea mai potrivită pentru cazul concret analizat. Soluțiile adoptate trebuie să conțină ultimele realizări ale științei și tehnicii și trebuie să promoveze cu hotărîre eventualele concepții originale elaborate de tehnicienii din țara noastră, dacă ele prezintă avantaje evidente.

In activitatea de proiectare trebuie să capete o importanță din ce în ce mai mare tipizarea diferitelor elemente ale obiectelor energetice proiectate, simplificarea și raționalizarea schemelor funcționale și a dispozițiilor constructive, ca și adoptarea de soluții care să permită utilizarea din ce în ce mai largă a elementelor prefabricate de toate categoriile și a metodelor industriale de construcții și montaje.

Pe lîngă elementele constructive ale liniilor și stațiilor tipizate pînă în prezent este necesar să se extindă numărul elementelor tipizate în special la centrale electrice, ceea ce va permite pe lîngă mărirea productivității în activitatea de proiectare, obținerea de avantaje apreciabile la construcția și montarea obiectelor energetice prin industrializarea acestor lucrări; aceasta va conduce la micșorarea cheltuielilor de investiții și scurtarea termenului de execuție. Totodată trebuie să continue munca de ameliorare a soluțiilor elementelor tipizate urmărindu-se continua lor modernizare, reducerea gabaritelor și ieftinirea lor.

La elaborarea proiectelor trebuie studiată cu deosebită atenție schema instalațiilor, urmărindu-se simplificarea ei la maximum fără scăderea gradului de siguranță în funcționare. Acest rezultat se poate obține prin utilizarea unor echipamente electroenergetice cît mai eficiente și sigure în exploatare.

Proiectanții au sarcina să analizeze funcționarea utilajelor prevăzute de ei în instalațiile proiectate, urmărind în permanență, în colaborare cu organele de exploatare și fabricile producătoare îmbunătățirea fabricației.

În toate sectoarele de proiectare există posibilități de reducere a cheltuielilor de investiții prin adoptarea de soluții moderne. ISPE trebuie să colaboreze mai strîns cu TCME pentru introducerea unor astfel de soluții care de foarte multe ori necesită pregătiri de utilaje și procedee tehnologice și în același timp experimentarea lor pe șantier.

Astfel de exemplu, la construcția de centrale trebuie rezolvate aplicînd soluții cît mai moderne, probleme ca: adaptarea utilajelor termoenergetice de fabricație indigenă la condițiile cerute de amplasarea lor în aer liber, micșorarea rezervei în transformatoarele de servicii interne, încadrarea cît mai largă a construcțiilor de centrale mari și mijlocii în nomenclatorul de prefabricate, etc.

In sectorul de construcții de linii electrice aeriene unde s-au obținut rezultate importante atît în ceea ce privește ritmul lucrărilor cît și reducerea prețului de cost al acestora, mai există încă posibilități de îmbunătățire a indicilor tehnico-economici prin introducerea de soluții noi cum ar fi: stîlpi din beton armat cu armătura de oțel de rezistență superioară, stîlpi din beton cu armătură pretensionată sau posttensionată, stîlpi din țeavă de oțel, folosirea de fundații forate sau din pămînt stabilizat, etc.

Pentru ameliorarea continuă a soluțiilor tehnice ale stațiilor de transformare trebuie urmărită în permanență reducerea la maximum a gabaritelor instalațiilor, introducerea pe scară cît mai largă a automatizării pentru eliminarea personalului de exploatare și în sfîrșit scurtarea timpului de execuție prin utilizarea prefabricatelor.

La mărirea eficacității economice a investițiilor contribuie în mare măsură reducerea substanțială a duratei de execuție a lucrărilor.

La execuția lucrărilor *pe șantierele electrificării s-au obținut în perioada 1951—1960 realizări importante. Astfel, în timp ce prima turbină de la centrala Paroșeni a fost montată în 15 luni, timpul de montare al turbinei nr. 5 de la centrala Sîngiorgiu a fost redus la mai puțin de 7 luni; în sectorul construcțiilor de linii electrice s-au obținut viteze de lucru ridicate ca de ex. la linia Cluj — Baia Mare realizată în 1959 cu o viteză de lucru de 1,2 km/zi față de Sîngiorgiu — Tîrnăveni și Sebeș — Hunedoara realizate în perioada 1953—1954 cu o viteză de 0,35 km/zi.*

Pe baza experienței cîștigate de constructorii și proiectanții noștri, în perioada 1960—1965 se prevăd față de trecut termene de dare în funcțiune cu mult mai scurte. Astfel primul grup al termocentralei de la Ploești va intra în funcțiune după un an și jumătate de la începerea lucrării, în timp ce la centralele Doicești, Sîngiorgiu și Paroșeni, primul grup a intrat în funcțiune după 2 ani și jumătate.

Pentru realizarea unui ritm de lucru corespunzător sarcinilor, organizațiile de execuție trebuie să folosească din plin metode noi de lucru la operațiile de montaj. Astfel la montarea diferitelor obiective trebuie să se urmărească ridicarea valorilor medii ale vitezelor de lucru, la valorile de vîrf realizate; în acest fel se va obține o ieftinire substanțială a lucrărilor.

Organele de execuție împreună cu proiectanții trebuie să se preocupe mai intens de organizarea rațională a șantierelor de construcții și montaje energetice urmărind continua îmbunătățire a proceselor tehnologice și folosirea cît mai intensă a micii și marii mecanizări.

Se va urmări introducerea pe scară din ce în ce mai largă a elementelor prefabricate la lucrările

de centrale, stații, linii și posturi de transformare, scurtîndu-se astfel simțitor timpul de montaj.

Se va acorda o atenție deosebită utilizării din plin a capacității utilajelor și mijloacelor de transport existente.

Alături cu introducerea tehnicii noi, organizațiile de execuție vor elabora prețuri plafon unice, renunțîndu-se astfel la prețuri diferite care mai există încă pentru lucrări identice.

Alături de organizațiile de proiectare și de execuție organele de exploatare *au un rol deosebit de important în introducerea tehnicii noi în instalațiile energetice, urmărind continua ridicare a nivelului calitativ al acestora.*

Activitatea personalului de exploatare nu trebuie să se reducă numai la executarea manevrelor curente, la o bună întreținere a instalațiilor și la luarea unor măsuri pentru preîntîmpinarea avariilor; el trebuie să treacă la analiza detailată pe o bază științifică și tehnică solidă a cauzelor acestor avarii. Ținînd seama de caracterul tranzitoriu al fenomenelor care au loc în timpul unei avarii, analiza acestora cere o bună pregătire tehnică a personalului, ca și înzestrarea instalațiilor cu aparate de măsură și aparate înregistratoare corespunzătoare.

In lumina acestor idei organele de exploatare au inițiat în ultimul timp lucrări de mare anvergură destinate a oferi elemente concrete pentru îmbunătățirea funcționării instalațiilor electroenergetice. Astfel pentru realizarea unei protecții contra supratensiunilor atmosferice, eficace și economice s-a organizat un laborator de cîmp întins în diferite regiuni ale țării, cuprinzînd 293 km de linii de înaltă tensiune și 93 posturi de transformare. In aceste instalații se urmăresc cu aparatele montate numărul și anumiți parametri ai descărcărilor atmosferice, se încearcă diferite sisteme de protecție, cu descărcători tubulari, cu coarne, etc.

În vederea obținerii de date climatologice concrete necesare pentru calculul liniilor electrice aeriene urmează să se construiască încă 11 stații de chiciură în diferite regiuni ale țării, pe lîngă 7 stații existente.

Pentru mărirea siguranței de funcționare s-au făcut studii și experiențe pentru funcționarea în 2 faze a liniilor de 110 kV. În acest scop s-a organizat experimentarea funcționării în 2 faze a liniei Borzești — Galați cercetîndu-se disimetriile care apar la consumatori și în generatoarele centralelor electrice. Experimentări analoage s-au făcut și pe linia de 110 kV Bărbătești — Paroșeni. Concluziile măsurătorilor și ale calculelor efectuate au arătat că aceste două linii pot funcționa în 2 faze, în condiții mulțumitoare, în caz de avarie. Această schemă de funcționare a fost utilizată în iarna 1959/1960 timp de peste 12 ore pentru alimentarea orașului Galați (evitîndu-se astfel o întrerupere) și în perioada de iarnă 1958/59 și 1959/1960 pe linia Bărbătești pentru operația de topire a chiciurei.

Aceste studii și cercetări trebuie extinse folosind în acest scop fie modele pe care se pot simula defecte de toate felurile în condiții apropiate de acelea din rețea, fie chiar porțiuni de rețea utilizîndu-se așa-zisa „experimentare pe viu".

Prin urmărirea tuturor avariilor și analizarea lor la un nivel tehnic corespunzător ca și prin ținerea unei evidențe corecte și detailate a tuturor acestor fenomene, organele de exploatare vor furniza elemente prețioase pentru o reală îmbunătățire a sortimentelor industriei electrotehnice.

Tot prin urmărirea la un nivel tehnic corespunzător a comportării instalațiilor ca și pe baza unor studii și cercetări făcute de organele de exploatare în colaborare cu ISPE și IRME (Intrepr. pentru raționalizarea și modernizarea instalațiilor energetice) trebuie să se treacă cu curaj la simplificarea schemelor prin reducerea elementelor care s-au dovedit a fi cauze de defecte, și deci la îmbunătățirea exploatării. Astfel trebuie studiată eficacitatea conductorului de protecție, înlocuirea în unele cazuri a întrerupătorilor cu separatori etc.

* * *

In vederea aplicării creatoare a hotărîrii Comitetului Central al PMR cu privire la ridicarea nivelului tehnic al producției, colegiul MIG a analizat într-o ședință lărgită această problemă și a hotărît luarea unei serii de măsuri importante menite să ridice nivelul tehnic al întreprinderilor.

Ca măsuri generale pentru sectorul energetic s-au stabilit: întărirea serviciilor tehnice ale întreprinderilor, îmbunătățirea activității de documentare și urmărirea permanentă a ridicării nivelului profesional al personalului tehnic de calificare medie și superioară. Totodată întreprinderile vor fi dotate cu aparataj de laborator pentru ridicarea nivelului tehnic al exploatării ca de ex.: analizoare de rețea, locatoare de defecte, inductoare de 2500 V, punți de măsură, truse de verificare, etc.

Dintre măsurile mai importante privind diferitele sectoare de activitate ale industriei energiei electrice citățm:

a) **Exploatarea centralelor electrice**

— Automatizarea funcționării cazanelor de presiune medie montate în centralele termoelectrice existente.

— Studierea oportunității modernizării centralelor vechi din punct de vedere al:

— ridicării parametrilor
— trecerii în termoficare
— extinderii cu unități moderne.

b) **Exploatarea rețelelor electrice**

— Reducerea schemelor stațiilor de transformare de 110 și 35 kV prin utilizarea de aparate moderne (separatori de scurtcircuitare, separatori de sarcină, etc.).

— Îmbunătățirea funcționării instalațiilor de iluminat public prin automatizarea aprinderii, reducerea consumului prin micșorarea iluminării în a doua parte a nopții, etc.

— Extinderea și experimentarea protecției prin înaltă frecvență pe liniile de 110 kV funcționînd în bloc cu autotransformatoare.

— Studiul protecției optime împotriva supratensiunilor pe liniile de 6—35 kV

— Construirea a 3 stații pentru încercare cu tensiune de impuls.

— Îmbunătățirea corpurilor de iluminat în vederea modernizării iluminatului public.

c) Echiparea punctului de dispecer național

— Organizarea unei grupe de studii pentru introducerea tehnicii noi în probleme de funcționare și conducere operativă a sistemelor energetice.

— Studierea reglajului frecvență-putere prin efectuarea de probe și calcule.

— Calculul de regimuri speciale (număr incomplet de faze, funcționarea în asincron, în regim capacitiv) și luarea de măsuri pentru realizarea lor.

d) Proiectarea

— Elaborarea studiilor pentru stabilirea liniei de proiectare pentru următorii ani a centralelor electrice cu echipament din țară.

— Tipizarea elementelor centralelor hidroelectrice de același tip prevăzute în planul de 6 ani.

— Întărirea atelierului de tipizări al ISPE-ului pentru elaborarea de proiecte tip necesare atît sectorului electroenergetic al MIG cît și institutelor și serviciilor de proiectare regionale, etc.

e) Sectorul construcții-montaj

— Modernizarea și reprofilarea produselor industriale și a prefabricatelor.

— Dezvoltarea atelierului Progresul pentru asigurarea industrializării prefabricatelor energetice (subansamble pentru stații de 6—15—35 kV, panouri de comandă, etc.).

— Reorganizarea unităților de laborator și dotarea lor cu aparatură modernă.

— Inființarea de unități de montaj pe lîngă întreprinderile furnizoare de prefabricate energetice (panouri de comandă, cabine metalice, posturi de transformare, etc.) astfel ca aceste prefabricate să fie livrate gata pentru montare.

Realizarea sarcinilor care stau în fața lucrărilor din sectorul energetic este deosebit de importantă pentru întreaga dezvoltare a economiei naționale. Sîntem siguri că muncitorii, tehnicienii și inginerii cu sprijinul și sub îndrumarea organizațiilor de partid vor depune toate eforturile pentru a le aduce la îndeplinire înainte de termenele stabilite și în condițiile calitative cele mai bune.

Utilizarea calculatorului numeric şi a metodei separării nodurilor în probleme actuale de stabilitate şi reglaj

L. GROZA

Prezenta lucrare este rezumatul unei conferinţe ţinute la Praga de tov. ing. L. Groza de la Institutul de studii şi proiectări energetice, în timpul lucrărilor consfătuirii tripartite a specialiştilor cehoslovaci, sovietici şi romîni asupra proiectării, construcţiei şi studiilor liniei de 400 kV.

În lucrare se prezintă unele realizări în legătură cu utilizarea maşinii de calcul CIFA—2 a Institutului de fizică atomică al Academiei R. P. R. şi a metodei separării nodurilor, elaborată de ing. P. Dimo — în probleme de stabilitate şi reglaj, cu exemplificări concrete.

1. Introducere

Pe măsura dezvoltării rapide a sistemelor energetice şi a aspectelor multiple şi variate sub care acestea se cer a fi studiate a apărut necesitatea unor mijloace auxiliare de calcul care să faciliteze, sau în anumite cazuri să facă pur şi simplu posibilă analiza acestor sisteme.

Principalele categorii în care pot fi grupate dispozitivele folosite în prezent în tehnică sînt următoarele:

1. *Modelele de reţea în curent continuu* numite şi mese de calcul în curent continuu sau analizatoare de reţea în curent continuu.

Ele se bazează pe reprezentarea elementelor reţelei prin rezistenţe figurative proporţionale cu reactanţa (sau uneori cu rezistenţa sau cu impedanţa) elementului real, întreg ansamblu fiind alimentat de la o sursă de curent continuu.

Principalul domeniu de folosire al modelului de reţea de curent continuu este calculul scurtcircuitelor simetrice şi nesimetrice, iar cu anumite dispoziţii constructive suplimentare şi ipoteze simplificatoare poate fi folosit şi pentru studii de circulaţii de puteri sau evaluare a pierderilor în reţea. Modelul de reţea în curent continuu nu permite efectuarea de studii de stabilitate statică sau dinamică.

2. *Modelele de reţea în curent alternativ*, numite şi modele statice (spre deosebire de cele dinamice) sau mese de calcul în curent alternativ, sau analizatoare de reţea în curent alternativ.

Într-un astfel de model elementele pasive ale reţelei sînt figurate prin impedanţe la scară redusă, iar generatoarele prin surse de tensiune alternativă, reglabilă în amplitudine şi fază.

Elementele de sarcină se construiesc în prezent de unii constructori cu caracteristică variabilă, — variaţia putîndu-se face manual sau automat, — pentru a reprezenta cît mai fidel condiţiile reale din reţea.

Modelul static de curent alternativ are în prezent o largă răspîndire la analiza reţelelor. Pe el se pot măsura direct, — la scară redusă, — toate mărimile electrice ce caracterizează un regim permanent sinusoidal echilibrat (studii de circulaţie de puteri active şi reactive, nivele de tensiuni, pierderi etc.).

Modelul static poate fi utilizat şi la studiul unor regimuri tranzitorii; modelul static de curent alternativ permite efectuarea de studii de stabilitate statică şi dinamică prin folosirea metodei de integrare pas cu pas a ecuaţiilor diferenţiale reprezentînd deplasarea relativă a rotoarelor maşinilor sincrone din reţea.

Modelul se foloseşte la fiecare pas pentru a se măsura pe el puterile active furnizate sau absorbite de fiecare maşină pentrucă apoi deducîndu-se prin calcul cuplul rezistent care le este aplicat să se determine poziţia lor relativă unghiulară la pasul următor (după trecerea unui anumit interval de timp) la care se reglează din nou modelul şi se fac citări de puteri, şi aşa mai departe.

Totodată se pot rezolva şi probleme de scurtcircuit sau defecte nesimetrice, folosindu-se metoda descompunerii în componente simetrice.

3. *Modelele dinamice în curent alternativ, denumite şi microreţele*, sînt alcătuite dintr-o reţea trifazată la scara redusă în care acţionează un număr limitat de maşini sincrone veritabile, antrenate de motoare de curent continuu reprezentînd maşinile primare ale grupurilor din reţea. Aceste modele servesc la studiul regimurilor tranzitorii luate din sistem (stabilitate dinamică) avînd superioritate faţă de modelul static prin aceea că permite supunerea sistemului la un întreg ciclu de perturbaţii ce se succed în timp după un program dinainte stabilit (de exemplu defecte, urmate de declanşări mono sau trifazate, reanclanşări, forţarea excitaţiei, scurtcircuitarea condensatoarelor serie etc.).

4. *Analizatoarele diferenţiale* sau calculatoare analoage (în sensul restrîns al cuvîntului) sînt alcătuite din operatoare adică organe capabile de a executa o operaţie matematică anumită: însumare, integrare, diferenţiere, multiplicare etc. Există operatoare liniare şi neliniare. Ele sînt de obicei electronice şi efectuează operaţiile asupra unor tensiuni electrice.

Legătura între operatoare se face astfel încît ansamblul format să funcționeze conform ecuațiilor integrodiferențiale pe care analizatorul trebuie să le rezerve. Rezultatul se obține de obicei sub formă grafică prin înregistrare oscilografică a variației în timp a funcției căutate.

Analizatoarele diferențiale sînt folosite pentru diferite studii speciale, singure sau adaptate ca organe suplimentare la modelul static în curent alternativ.

5. *Calculatoarele numerice*, numite și aritmetice sau digitale. Ele sînt mașini electronice, capabile de a executa cele patru operațiuni aritmetice cu numere exprimate de obicei în sistemul binar. Aceste mașini derivă din mașinile de calculat clasice (manuale sau electrice) și se compun în principiu din cinci părți distincte:

a) organul de calcul, care efectuează operațiunile aritmetice propriu zise.

b) organul de memorie care înlocuiește foaia de hîrtie pe care calculatorul își notează rezultatele parțiale.

c) organul de comandă care dirijează activitatea întregii mașini într-o anumită ordine de operații ce constituie programul mașinii.

d) organul de introducere a datelor în mașină.

e) organul de extracție a rezultatelor din mașină.

Aplicațiile calculatoarelor electronice și numerice sînt dintre cele mai variate și practic nelimitate. Ele se pot grupa în patru categorii: tehnico-științifice, statistice, logistice și comerciale.

Utilizarea lor la analiza sistemelor electroenergetice datează de foarte puțin timp; ea a fost inițiată în perioada postbelică, dar răspîndirea ei vertiginoasă a avut loc abia în ultimii 4—5 ani în URSS și SUA și în prezent se întîmplă un proces similar și în alte țări europene. Astăzi se poate afirma că practic, aproape toate problemele ridicate de analiza rețelelor se pot rezolva mai mult sau mai puțin convenabil cu calculatorul numeric.

*

Documentele celui de al III-lea Congres al Partidului Muncitoresc Romîn, precum și Hotărîrea Comitetului Central al Partidului Muncitoresc Romîn și a Consiliului de Miniștri al Republicii Populare Romîne cu privire la ridicarea nivelului tehnic al producției, au scos în evidență importanța excepțională pentru dezvoltarea în continuare a științei și tehnicii în țara noastră a folosirii la maximum a cuceririlor celor mai noi ale științei și aplicarea lor în problemele concrete ale industriei. Printre acestea, un loc de frunte este acordat mașinilor electronice de calcul menite să faciliteze și să automatizeze munca de proiectare și studii sau procesele de producție industriale. Pe această linie se încadrează și folosirea calculatoarelor numerice în studiile legate de analiza sistemelor electro-energetice ce face obiectul prezentei lucrări.

În momentul de față, la noi în țară se utilizează ca auxiliare de calcul speciale pentru studiul rețelelor modele de rețea în curent continuu, care, după cum se știe, fac parte din categoria calculatoarelor analogice.

Acestea se utilizează în mod curent la calculele de scurtcircuit, repartiții de puteri, precum și în unele probleme speciale, cum ar fi unele cazuri de disimetrie (funcționare în 2 faze), în acest caz fiind utilizate cu un grad de eroare mai mare.

În R.P.R. s-au construit în ultima vreme o serie însemnată de calculatoare electronice, atît analogice, cît și numerice, avînd alte destinații decît calculul de rețele.

După părerea noastră, s-a reușit ca, prin utilizarea acestor calculatoare electronice în problemele de energetică, să se recupereze rămînerea în urmă datorată faptului că pînă în prezent încă nu avem un model de rețea în curent alternativ. Mai mult chiar, în unele domenii s-a ajuns să se facă analize deosebit de fine, care nu sînt posibile pe modelele statice în curent alternativ.

Că acest lucru este posibil, s-a demonstrat în multe publicații apărute în literatura de specialitate, iar ca o sintetizare a materialului ne putem referi la raportul 307, prezentat în cadrul CIGRE — 1958, de către Brown și Tinney [1].

Posibilități noi de calcul se deschid de asemenea din îmbinarea metodei analizei nodale cu calculul numeric, prin faptul că legătura între partea matematică și partea tehnică este ușurată.

Nu vrem să susținem că modelul de rețea în curent alternativ ar fi depășit. El își îndeplinește un rol important în asigurarea unei bune conduceri a rețelelor locale sau naționale, în probleme privind:

— circulațiile de puteri active și reactive;
— nivele de tensiune;
— stabilitate dinamică;
— unele probleme de scurtcircuit etc.

Noi ne-am concentrat atenția asupra posibilității de utilizare a mașinii electronice numerice în primul rînd în acele domenii în care calculele analitice sînt laborioase, cum ar fi:

— calcule de regimuri pe linii lungi de foarte înaltă tensiune;
— calcule de regimuri nesimetrice, cum ar fi funcționarea în 2 faze;
— calculul circulațiilor de putere în bucle [10, 13];
— calculul reducerii schemelor de scurtcircuit, găsirea generatorului echivalent etc [9];
— calcule de regimuri ale sistemelor electroenergetice.

În al doilea rînd, calculatorul numeric a fost folosit cu succes în calcule bazate pe metoda de calcul a analizei grafice a nodurilor, elaborată de ing. P. Dimo [2]. În cele ce urmează se va da şi o scurtă reamintire a cîtorva principii ale acestei metode de calcul, necesară înţelegerii textului, care de altfel a fost prezentată la CIGRE-1958, raportul 302, fiind apreciată acolo de specialiştii francezi (Robert, Magnien, de la Electricité de France) [3].

Metoda este de asemenea cunoscută în Uniunea Sovietică, fiind apreciată favorabil de specialişti (Markovici I. M., Venikov V.A. etc). De altfel ea foloseşte şi unele criterii noi elaborate de specialiştii sovietici, de exemplu: criteriul lui Bruk şi Markovici pentru aprecierea stabilităţii statice, criteriul dQ/dU [4].

Metoda este denumită nodală, deoarece analizează situaţia unui nod de reţea pe care-l separă din reţea, înlocuindu-i legăturile cu reţeaua prin generatoare echivalente. Metoda se numeşte şi grafică, deoarece are la bază întocmirea unor grafice speciale cu vectori reprezentînd generatoarele echivalente din nod. Odată cu introducerea maşinii numerice, graficul de vectori este înlocuit cu calcule exacte. Din calcule se poate totuşi extrage diagrama vectorială, care ajută mai mult psihologic înţelegerea fenomenelor.

Metoda nodală definită mai sus s-a folosit cu succes pînă în prezent în următoarele probleme:

— stabilitate statică, la aflarea tensiunii critice prin mărirea consumului de putere activă sau reactivă din nod, precum şi la aflarea limitei de stabilitate (puterea maximă şi rezerva de putere) pe linii [5];

— reglaj de tensiuni cu ajutorul compensatoarelor sincrone sau al condensatoarelor statice instalate în nodul respectiv [5];

— fenomene dinamice, cum ar fi stabilitatea dinamică a sistemului în urma loviturilor datorite scurtcircuitelor sau şocurilor de sarcină, sau analiza timpului de lansare a reţelei, necesar la determinarea condiţiilor de funcţionare în paralel a marilor sisteme energetice, la reglajul frecvenţei şi puterii în sistemele energetice.

În unele cazuri, rezultatele studiilor astfel întocmite au fost verificate de noi experimental în reţea [6] sau pe calculatorul electronic analogic, cu rezultate foarte bune.

În cele ce urmează vor fi prezentate pe scurt rezultatele unor asemenea studii.

Se va prezenta:

— o scurtă descriere a maşinii de calcul numerice utilizate;

— o reamintire a principiilor metodei analizei grafice a nodurilor;

— procedeul de calcul al regimurilor liniilor lungi;

— analiza stabilităţii dinamice pe linia de 400 kV;

— analiza mărimii timpului de lansare aparent, pe un caz concret;

— cîteva rezultate de ansamblu asupra reţelei naţionale a R.P.R.;

— concluzii.

2. Cîteva caracteristici ale maşinii electronice numerice de calcul utilizate [8]

Constructorul maşinii:	Institutul de fizică atomică al Academiei RPR
Modelul:	C I F A -2
Viteză comercială de calcul:	100 000 calcule pe oră
Costul calculelor:	100 lei/oră, pentru utilizare efectivă
Numărul de lămpi electronice:	750

Posibilităţi de calcul:

— tabelări de funcţii $y = f(x)$
— rezolvarea ecuaţiilor transcendentale
— însumarea seriilor
— rezolvarea sistemelor de ecuaţii algebrice liniare
— inversarea matricelor. Calculul valorilor proprii
— rezolvarea ecuaţiilor algebrice
— integrări numerice, dezvoltări în serie Fourier
— integrarea ecuaţiilor diferenţiale de forma $y' = f(x, y)$
— rezolvarea ecuaţiilor diferenţiale cu derivate ordinare.

Aplicaţii pînă în prezent:

— astronomie,
— cercetări atomice,
— cercetări geologice,
— mecanică aplicată,
— cercetări electrotehnice,
— studii energetice.

3. Principiile de bază şi notaţiile privind metoda analizei grafice a nodurilor prin separarea nodurilor

Analiza grafică are la bază două teoreme cunoscute ale lui Fallou, publicate în lucrarea „Reţelele de transport de energie", Paris, 1935, asupra curenţilor de scurtcircuit pe o ramură legată la un nod. După teorema a doua a lui Fallou se poate scrie:

$$\bar{I}_{cm} = \bar{I}_{om} + \bar{I}_{m}$$

unde:

$\bar{I}_{cm}$ — curentul de scurtcircuit în sarcină al ramurii m;

$\bar{I}_{om}$ — curentul de scurtcircuit în gol al aceleiaşi ramuri;

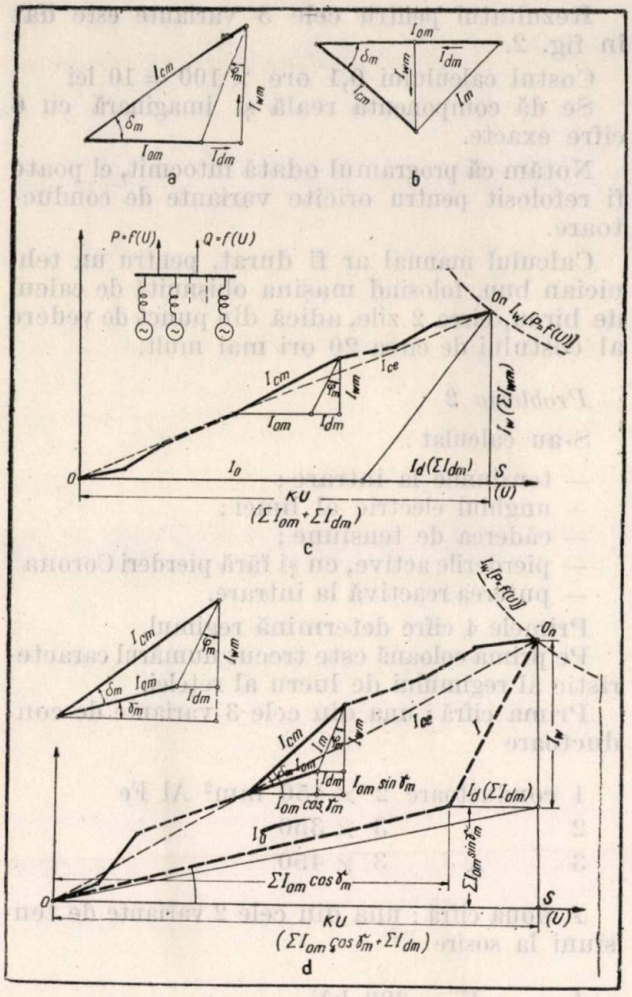


Fig. 1. Reprezentarea grafică a nodurilor prin curenți de scurtcircuit și sarcini:

a – reprezentarea unei ramuri generatoare; *b* – reprezentarea clasică motor-generator; *c* – reprezentarea unui nod $R=0$; *d* – reprezentarea unui nod $R\neq 0$.

$\bar{I}_m$ – curentul de sarcină al ramurii m.

Se folosesc notațiile:

U – tensiunea nodului;

E_m – tensiunea internă a mașinii sincrone m (sau mașina echivalentă);

δ_m – unghiul între tensiunea E_m și U;

$Y_m = \frac{1}{Z_m}$ – admitanța mașinii m sau inversul impedanței;

γ_m – unghiul admitanței Y_m definit de $\operatorname{tg} \gamma_m = \frac{r_m}{X_m}$;

r_m – rezistența circuitului m;

X_m – reactanța circuitului m.

Relația vectorială de mai sus se poate scrie proiectînd vectorii $\bar{I}_{cm}$, $\bar{I}_{om}$ și $\bar{I}_m$ pe două axe rectangulare, în fază cu componenta activă și reactivă a curentului I_m de sarcină.

Curentul activ în fază cu tensiunea U este:

$$I_{wm} = I_{cm} \sin (\delta_m + \gamma_m) - I_{om} \sin \gamma_m.$$

Curentul reactiv în cuadratură cu tensiunea U:

$$I_{dm} = I_{cm} \cos (\delta_m + \gamma_m) - I_{om} \cos \gamma_m.$$

Dacă nodul respectiv conține m ramuri, se poate scrie pentru componentele sarcinii totale a nodului:

$$I_w = \sum_1^n I_{wm} \text{ și } I_d = \sum_1^n I_{dm}.$$

Ultimele trei relații permit reprezentarea nodului prin curenții de scurtcircuit, luînd ca axă a absciselor direcția lui $I_{om} \cdot \cos \gamma_m$, adică a curentului dewattat raportat la tensiunea U a nodului. Dacă o ramură este lipsită de rezistență ($r = 0$), atunci $\gamma_m = 0$ și $\cos \gamma_m = 1$ și se poate observa că în acest caz direcția axelor absciselor este aceeași ca și I_0 ($\cos \gamma_m = 1$), adică a curenților dewattați.

Se observă că totul se petrece pentru nod ca și cînd am avea un singur generator echivalent pentru toate ramurile al căror curent de scurtcircuit ar fi suma vectorială a curenților de scurtcircuit ai fiecărei ramuri (prima teoremă a lui Fallou).

Dacă examinăm graficul din fig. 1, vedem că pe acest grafic se pot citi toate mărimile caracteristice privind regimul de funcționare al nodului: curentul activ și reactiv al fiecărei ramuri, unghiul de fază δ_m sau $\delta_m + \gamma_m$ al fiecărui vector în raport cu tensiunea U, unghiul φ_m al factorului de putere, curenții de scurtcircuit și în sfîrșit tensiunile interne ale generatoarelor $\left(E_m = \frac{I_{cm}}{Y_m}\right)$ care păstrează un raport și un decalaj constant cu curenții de scurtcircuit respectivi.

Curenții de scurtcircuit în gol (I_{om} sau ΣI_{om}) pentru generatorul echivalent păstrează un raport constant cu tensiunea nodului $U\left(U = \frac{I_{om}}{Y_m}\right)$ și prin aceasta servesc în grafic la măsurarea acestei tensiuni și a fazei, care este aceea a axelor de coordonate.

În principiu, analiza unei situații pe această cale se face în felul următor:

1. Separarea nodului unde se întîmplă un eveniment ale cărui urmări se cercetează, și înlocuirea ramurilor prin curenții lor de scurtcircuit.

2. Reprezentarea prin curenți de scurtcircuit a regimului inițial printr-un grafic similar celui din fig. 1.

3. Transformarea graficului în conformitate cu evenimentul ce a avut loc (scurtcircuit, reglajul excitației unui grup etc.) și determinarea situațiilor care rezultă.

În cadrul ISPE s-au efectuat pînă în prezent calcule pe această cale privind stabilitatea și reglajul în sistemul interconectat [5].

În ultimul timp calculele cu această metodă au fost cuplate cu calculul electronic.

În cele ce urmează se prezintă o serie de asemenea calcule, cîteva rezultate de asemenea calcule, precum și cîteva rezultate pe care autorul metodei o să le publice în scurt timp [12].

4. Procedeul de calcul al regimurilor liniilor lungi

Deși procedeul de calcul al liniilor lungi este foarte simplu, îl dăm totuși ca exemplu, fiindcă îl considerăm interesant din punct de vedere al eficacității utilizării mașinii CIFA-2.

Problemele respective privesc linia de 400 kV, 400 km.

Problema 1

Regimurile liniei s-au calculat ținînd seama de constantele exacte ale liniilor lungi.

Se știe că ecuațiile de bază în acest caz sînt:

$$\bar{U}_1 = \bar{A} \cdot \bar{U}_2 + \bar{B} \cdot \bar{I}_2$$
$$\bar{I}_1 = \bar{C} \cdot \bar{U}_2 + \bar{D} \cdot \bar{I}_2$$

unde cu indicele 1 se notează mărimile la intrare, iar cu indicele 2 mărimile la ieșire. Coeficienții $\bar{A}$, $\bar{B}$, $\bar{C}$ și $\bar{D}$ sînt de formă complexă și pot fi scriși sub forma:

$$\bar{A} = \text{ch} \sqrt{\bar{Z}\,\bar{Y}}$$
$$\bar{B} = \sqrt{\frac{\bar{Z}}{\bar{Y}}} \cdot \text{sh} \sqrt{\bar{Z}\,\bar{Y}}$$
$$\bar{C} = \sqrt{\frac{\bar{Y}}{\bar{Z}}} \cdot \text{sh} \sqrt{\bar{Z}\,\bar{Y}}$$
$$\bar{A} = \bar{D} \text{ (linia fiind simetrică).}$$

După întocmirea programului pentru mașină, care a durat circa o oră, rezultatele s-au obținut în forma tabelei de mai jos în trei variante:

Varianta	Secțiunea pe fază, în mm² AlFe	$Z = R + j \cdot X$ în Ω	Y în mho
1	2 × 450	$12{,}52 + j \cdot 133{,}7$	$13{,}44 \cdot 10^{-4}$
2	3 × 350	$11{,}32 + j \cdot 119{,}7$	$14{,}91 \cdot 10^{-4}$
3	3 × 450	$8{,}32 + j \cdot 118{,}5$	$15{,}12 \cdot 10^{-4}$

Dacă:

$$\bar{A} = a_1 + j \cdot a_2$$
$$\bar{B} = b_1 + j \cdot b_2$$
$$\bar{C} = c_1 + j \cdot c_2.$$

Rezultatul pentru cele 3 variante este dat în fig. 2.

Costul calculului 0,1 ore × 100 = 10 lei

Se dă componenta reală și imaginară cu 6 cifre exacte.

Notăm că programul odată întocmit, el poate fi refolosit pentru oricîte variante de conductoare.

Calculul manual ar fi durat, pentru un tehnician bun, folosind mașina obișnuită de calcul de birou, circa 2 zile, adică din punct de vedere al costului de circa 20 ori mai mult.

Problema 2

S-au calculat:

- tensiunile la intrare;
- unghiul electric al liniei;
- căderea de tensiune;
- pierderile active, cu și fără pierderi Corona;
- puterea reactivă la intrare.

Primele 4 cifre determină regimul.

Pe prima coloană este trecut numărul caracteristic al regimului de lucru al rețelei.

Prima cifră: una din cele 3 variante de conductoare

1	conductoare	2 × 450 mm² Al Fe
2	„	3 × 350
3	„	3 × 450

A doua cifră: una din cele 2 variante de tensiuni la sosire

1	$U_2 = 380$ kV
2	$U_2 = 400$ kV

A treia cifră: una din cele 5 variante de puteri active

0	$P_2 = 0$
1	$P_2 = 100$ MW
2	$P_2 = 200$ MW
3	$P_2 = 300$ MW
4	$P_2 = 400$ MW

A patra cifră: una din cele 5 variante de puteri reactive pentru compensarea transversală:

0	$Q_{B2} = 0$ MVar
1	$Q_{B2} = 1 \times 40$ MVar
2	$Q_{B2} = 2 \times 40$ MVar
3	$Q_{B2} = 3 \times 40$ MVar
4	$Q_{B2} = 4 \times 40$ MVar

a_1	a_2	$b_1 \cdot 10^{-3}$	$b_2 \cdot 10^{-3}$	$c_1 \cdot 10^{2}$	$c_2 \cdot 10^{2}$
.911479377	.oo8163711	.o1178oo93	.129765839	-ooo37o194	.13o41o575
.912o713o8	.oo819o257	.o1o655491	.1162o2111	-ooo411988	.1447o4oo9
.911737168	.oo61o3756	.oo7829717	.115oo9899	-ooo311373	.146724944

Fig. 2. Rezultatul calculului coeficienților liniei lungi în 3 variante (vezi problema 1) dat de mașina electronică.

Rezultatul este de forma celui arătat în fig. 3, ca exemplu pentru o serie de 5 regimuri.

Varianta	$\|U_1\|$ 10^{-3}kV	arg. U_1 10^{-2} grade	$\|U_1\| - \|U_2\|$ 10^{-3} kV	$P_1 - P_2 - P_{cor}$ 10^{-3} MW	$P_1 - P_2$ 10^{-3}MW	Q_1 10^{-3} MVar
.12o000051	.364606370	.005131465	-035393627	.001163526	.001613525	-19o191346
.12o100052	.377574096	.003167622	-022425901	.000647776	.001097775	-162542461
.12o200052	.390545965	.001334216	-009454032	.000367960	.000817960	-132529922
.12o300053	.403521579	-000381297	.003521582	.000324080	.000774079	-100153724
.12o400054	.416500580	-001989908	.016500582	.000516132	.000966131	-065413878

Fig. 3. Rezultatul calculului regimului liniei de 400 kV (vezi problema 2). la diverse puteri active și reactive, studiul efectului compensării cu ajutorul bobinelor de la capătul receptor.
Exemplu; conductoare 2×450 mm² ALFe, $U_2 = 400$ kV, $P_2 = 0$MW, $Q_{B_2} = 0 \div 4 \times 40$ Mvar.

În total: 150 regimuri, calculat în o oră, costul 100 lei.

Un regim se calculează de un tehnician bun în circa 3 ore, deci costul total ar fi de circa 50 de ori mai mare.

Problema 3

S-au considerat căderi de tensiune predeterminate de 10% și 0% la diverse tensiuni, puteri active, secțiuni.

În total 24 regimuri, reducerea prețului circa 50 ori.

Rezultatul pentru 4 regimuri este arătat în fig. 4.

Problema 4

Se arată un calcul mai vechi, considerînd schema echivalentă a liniei ca fiind formată dintr-un dublu cuadripol în π, pentru diverse secțiuni, puteri active, puteri reactive la intrare și la sosire.

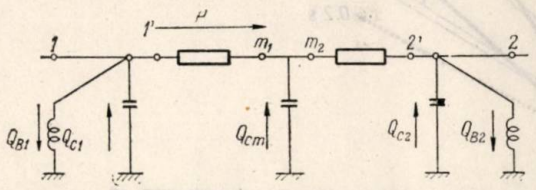
Capul de coloană și rezultatele sînt date în fig. 5.

Indicii utilizați sînt următorii:

$1-1'$ — intrare în linie;
m_1-m_2 — mijlocul liniei;
$2'-2$ — ieșirea din linie.

$\|U_1\|$ 10^{-3}kV	$\|U_2\|$ 10^{-3}kV	arg. U_2 10^{-3} grade	P_1 10^{-3} MW	$P - P_{cor}$ 10^{-3} MW	P 10^{-3}MW	Q_1 10^{-3} MVar	Q_2 10 MVar
.419999998	.379999841	-12o317531	.300000001	.007088089	.007508088	.013759327	.183041091
.419999998	.379999835	-162731339	.400000001	.011608008	.012028007	.029442471	.149432866
.399999997	.359999907	-13374o100	.300000001	.007678758	.008098757	.022718497	.161577221
.399999997	.359999963	-180973744	.400000001	.012715950	.013135950	.041245694	.125172040

Fig. 4. Rezultatul calculului regimului liniei de 400 kV, pentru diverse căderi de tensiune predeterminate (vezi problema 3),



În total s-au calculat 51 regimuri, costul circa 70 ori mai mic decît calculul manual.

*

Se vede deci că utilizarea calculatoarelor numerice aduce serioase economii la calculul regimurilor liniilor lungi.

P'_1 10^{-3} MW	Q'_1 10^{-3} MVar	P_{m1} 10^{-3} MW	Q_{m1} 10^{-3} MVar	P_{m2} 10^{-3} MW	Q_{m2} 10^{-3} MVar	P'_2 10^{-3} MW	Q'_2 10^{-3} MVar
U_1 10^{-3} KV	U_m 10^{-3} KV	δ_{U1} 10^{-2} gr. cl	P_1 10^{-3}MW	$\Delta P = P_1 - P_2$ 10^{-3} MW	$\Delta Q = Q_1 - Q_2$ 10^{-3} MVar	Q_{ct} 10^{-3} MVar	
.413514231	.069184840	.406978811	-000606347	.406978811	.106007750	.399999988	.031481591
.410226021	.398208073	.196836704	.413514230	.013514229	.092611617	.211705724	
.413759511	.035417296	.406938989	-037418433	.406938989	.065582542	.399999988	-008518411
.397739847	.391402329	.205218765	.413759512	.013759511	.062235536	.204701135	
.414270044	.004415242	.407037886	-072816300	.407037886	.026638678	.399999988	-048518412
.385344283	.384605956	.214141816	.414270043	.014270042	-045503351	.197891975	

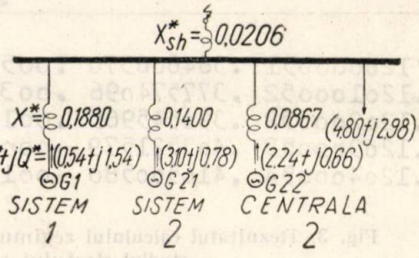
Fig. 5. Rezultatul calculului regimului liniei de 400 kV la diverse puteri active și reactive și controlul tensiunii la mijlocul liniei (vezi problema 4).
Exemplu pentru conductoare: 2×450 OL — AL, $P_2 = 400$ MW, $Q_2 = 0$, variantele: $Q_{B_2} = 0,40$ și 2 × 40 Mvar.

DIAGRAMA VECTORIALĂ

Mărimile caracteristice ale generatoarelor în regimul inițial

($U^* = 1$ $P_b = 100$ MVA $U_b = 380$ kV)

Generatorul	I_w^*	I_0^*	I_d^*	$I_0^* + I_d^*$	$\frac{M}{s}$	$k = \frac{360\, f\, \Delta t^2}{M^*}$
G 1	0,54	5,32	1,54	6,86	8	0,56
G 21	2,10	7,15	0,78	7,93	7,7	4.12
G 22	3,24	11,53	0,66	12,19	9	0,26
Total	4,80	24,00	2,98	26,96		



UNGHIURILE GENERATORULUI ECHIVALENT

$$\theta_1 = \text{arc tg}\cdot\frac{4{,}80}{26{,}98} = 10{,}10^\circ\,, \qquad \theta_2 = \text{arc tg}\cdot\frac{4{,}80}{26{,}98 + 48{,}60} = 3{,}6^\circ$$

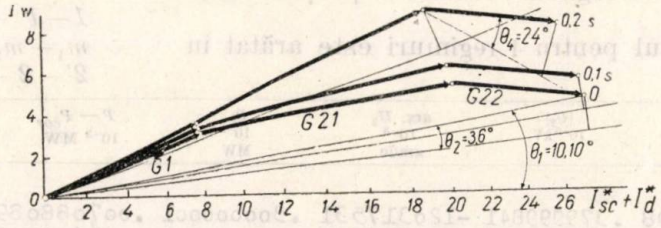
$$\theta_3 = \text{arc tg}\cdot\frac{4{,}80 - 3{,}06}{26{,}98 - 5{,}32 - 1{,}54} = 5^\circ\,, \qquad \theta_4 = \text{arc tg}\cdot\frac{3{,}60}{5{,}32 + 1{,}54} = 24^\circ$$

SCĂRILE TENSIUNILOR

$k_1^* = 26{,}98$, $k_2^* = 75{,}5$, $k_3^* = 20{,}12$, $k_4^* = 6{,}90$

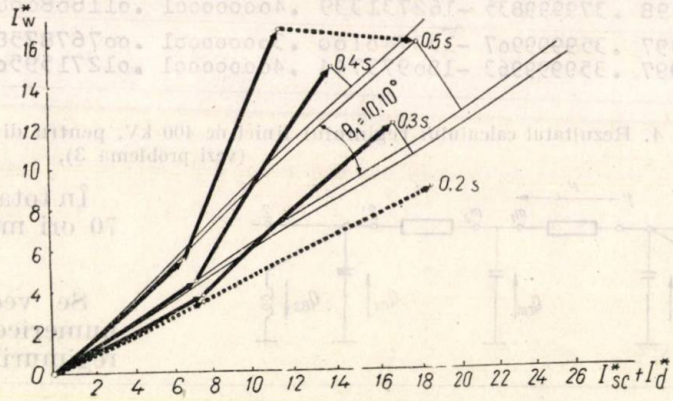
A — $t = 0\text{-}0{,}2$ s

Regimul inițial înainte și după scurtcircuit, până la 0,2 s.



B — $t = 0{,}2\text{-}0{,}5$ s

Urmărirea separată a mișcării rotoarelor G_1 și G_2, în intervalul 0,2 — 0,5 s (pauză de deionizare).



C — $t = 0{,}5\text{-}1{,}2$ s

Reanclanșarea și mișcarea rotoarelor în intervalul 0,5 ÷ 1,2 s.

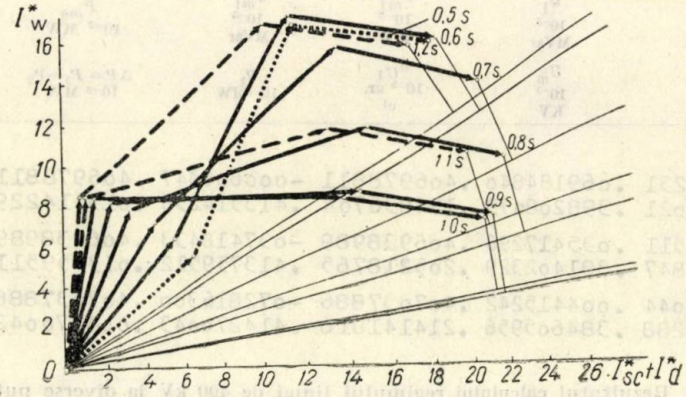
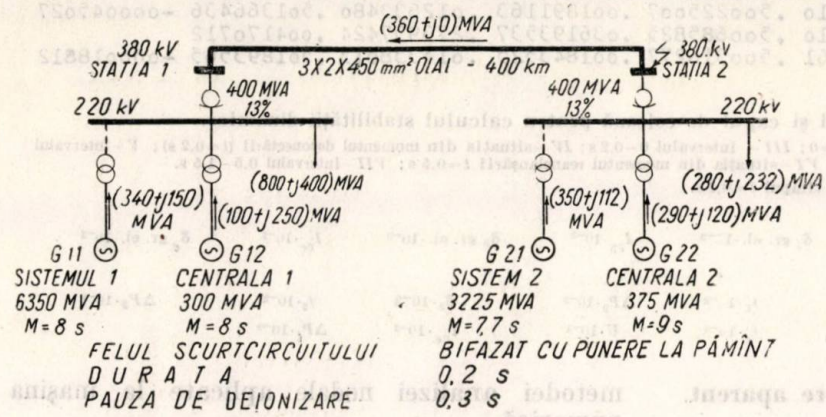


Fig. 6a Analiza unui regim dinamic cu ajutorul metodei grafice. Diagrama vectorială.

Dificultatea formării programului apare numai la primul regim, pentru un anumit gen de problemă. El poate fi folosit apoi la orice număr de variante.

5. Stabilitatea dinamică pe linia de 400 kV pentru anumite condiții de funcționare

Calculele s-au efectuat în condițiile fixate împreună cu specialiștii cehi, condiții care



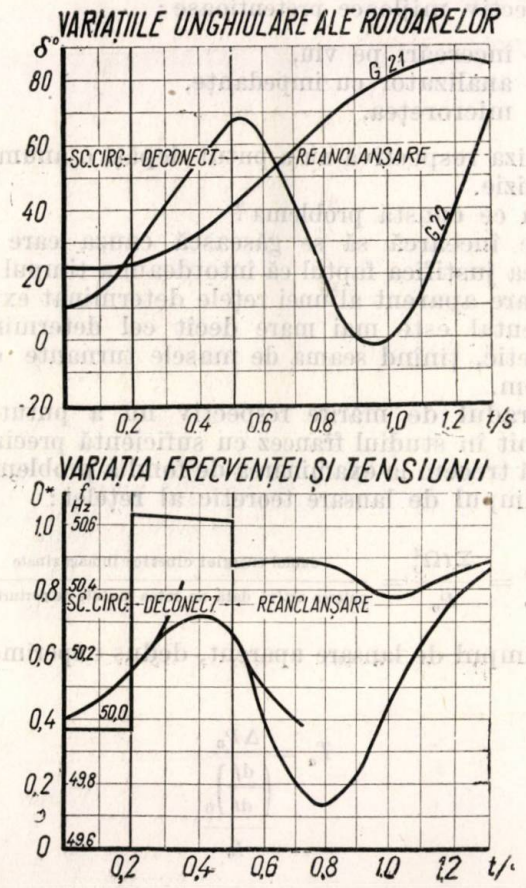


Fig. 6 b. Analiza unui regim dinamic cu ajutorul metodei grafice. Schema sistemului și prezentarea variațiilor unghiulare ale frecvenței și tensiunii.

într-una din ipotezele de calcul sînt următoarele :

— scurtcircuit bifazat cu punere la pămînt la barele de 400 kV ale stației 2.

— deconectare la 0,2 s

— pauza de deionizare 0,3 s

— reanclanșare.

S-a făcut un prim calcul cu $\Delta t = 0{,}1$ s (intervalul de timp din metoda pas cu pas) și s-au obținut exact aceleași rezultate cu ale specialiștilor cehi.

Calculul efectuat manual prin metoda grafică este dat în fig. 6.

S-a efectuat încă un calcul cu mașina electronică cu $\Delta t = 0{,}025$ s.

Atît amplitudinea cît și durata oscilației se modifică. Eroarea, după teoria lui Runge-Kutta, este proporțională cu $(\Delta t)^2$.

Limita de stablitate totuși în acest caz nu s-a modificat simțitor.

Pentru calculul de la mașina electronică a fost predat :

— Tabloul inițial al curenților :

Generatorul	I_0	I_d	$I_0 + I_d$	I_w
1. Sistemul 2	7,1	0,8	7,9	3,1
2. Centrala 2	11,5	0,7	12,2	2,2
3. Sistemul 1, inclusiv centrala 1	5,3	1,5	6,8	−0,5
			26,9	4,8

— Unghiurile δ_e și scara tensiunii K

a) Situația inițială :

$$\delta_{e_1} = 10{,}08°$$
$$K_1 = 26{,}9$$

b) Scurtcircuitul (modificările rezultă din introducerea reactanței de shunt)

$$\delta_{e_2} = 3{,}6°$$
$$K_2 = 75{,}5$$

c) Deconectarea lui G_3, la 0,2 s

$$\delta_{e_3} = 5°$$
$$K_3 = 20{,}12$$

d) Urmărirea separată a generatorului G_3, în intervalul 0,2—0,5 s.

e) Reanclanșare fără scurtcircuit la 0,5 s. Valorile lui δ_e și k din situația inițială.

Rezultatele și tabloul respectiv se găsesc în fig. 7.

Din tabelă se pot extrage apoi curbele de variație a unghiurilor, tensiunii, frecvenței, se pot construi diagrame, etc.

Durata calculului: o oră. Costul: 100 lei. Calculul manual grafic nu ar fi putut practic să fie efectuat din cauza intervalului $\Delta t = 0{,}025$ s foarte mic.

repetăm concluziile autorului, cîteva rezultate și un exemplu de calcul. În lucrarea de față se ilustrează în mod clar posibilitățile de analiză fină a unei asemenea probleme cu ajutorul

I	.085143927	.021351547	.123940988	.010412350	.068911894	-004494354	.274135021	.010084255
II	.006448429	.036217005						
III	.002500000	.002306927	.021391918	.500044703	.001929698	.010660798	.500276044	-000066229
	-004494893	.499999256	.010208751	.500138208	.036214956	.274119525	.004170397	
	.005000000	.002311348	.021513185	.500134482	.001920029	.011403652	.500825151	-000060909
	-004496422	.499998139	.010581237	.500413507	.036207959	.274066588	.004170469	
	.007500001	.002324576	.021715810	.500225007	.001891163	.012633480	.501366436	-000045027
	-004498683	.499997394	.011198710	.500685825	.036193537	.273957424	.004170712	
	.010000001	.002346500	.022000561	.500916277	.001843525	.014338013	.501893565	-000018812

Fig. 7. Rezultatul calculului și capul de coloană pentru calculul stabilității dinamice.

A. *I,II* – regimul inițial, înainte și după scurtcircuit, $t=0$; *III* – intervalul 0–0,2 s: *IV* – situația din momentul deconectării ($t=0{,}2$ s); *V* – intervalul 0,2–0,5 s, urmărirea generatoului G_1; *VI* – situația din momentul reanclanșării $t=0{,}5$ s; *VII* – intervalul 0,5–1,5 s.

Se dau intervalele de timp calculate de mașină pînă la timpul $t=0{,}1$ s.

B. Capetele de coloană respective sînt următoarele:

I	$I_{c1}\cdot10^{-2}$	δ_1 gr. el. $\cdot10^{-3}$	$I_{c2}\cdot10^{-2}$	δ_2 gr. el. $\cdot10^{-3}$	$I_{c3}\cdot10^{-2}$	δ_3 gr. el. $\cdot10^{-3}$	$I_{ce}\cdot10^{-2}$	δ_e gr. el. $\cdot10^{-3}$
II.	δ_U gr.el. $\cdot10^{-3}$	$U\cdot10^{-1}$						
III.	$t\cdot10^{-1}$	$\Delta P_1\cdot10^{-3}$	$\delta_1\cdot10^{3}$	$f_1\cdot10^{-2}$	$\Delta P_2\cdot10^{-3}$	$\delta_2\cdot10^{-3}$	$f_2\cdot10^{-2}$	$\Delta P_3\cdot10^{-3}$
	$\delta_3\cdot10^{-3}$	$f_3\cdot10^{-2}$	$\delta_e\cdot10^{-3}$	$f_e\cdot10^{-2}$	$U\cdot10^{-1}$	$I_{ce}\cdot10^{-2}$	$\Delta P_t\cdot10^{-3}$	

6. Analiza mărimii timpului de lansare aparent pentru un anumit caz concret

După cum s-a arătat și în introducere, cunoașterea cît mai exactă a timpului de lansare a unei rețele mai importante, cum ar fi o rețea națională sau o parte din ea, este importantă pentru rezolvarea problemelor de reglaj al puterii de schimb și a frecvenței pe liniile de interconexiune între rețelele respective.

După cît ne este cunoscut, experiențe pentru determinarea timpului de lansare au avut loc în U.R.S.S., Cehoslovacia, Romînia, precum și în Occident, și anume în Franța și în ansamblul rețelei interconectate din Europa Occidentală.

Importanța timpului de lansare, ca și a energiei reglante a unei rețele constă în aceea că ele dau măsura în care sistemele energetice contribuie la efortul general de reglaj, deci dau o măsură a solicitării fiecărui sistem.

În procesul dinamic de reglaj, un sistem cu un timp de lansare mai mic, preia cel dintîi șocurile de putere din sistem.

Cazul concret la care ne referim este examinarea critică a unei lucrări considerate la ora actuală ca fiind fundamentală în acest domeniu, și anume:

„Determinarea experimentală a timpului de lansare a unei rețele de producție și distribuție de energie electrică", publicată în octombrie 1956, în Revue Générale d'Electricité, autori: Cahen, Robert, Favez.

Lucrarea respectivă este citată și în literatura de specialitate sovietică (Elektricestvo, 1958, nr. 11, autori Sovalov, Smîrnov etc.).

Analiza respectivă încă nu a fost publicată de autor (ing. P. Dimo). În cele ce urmează metodei analizei nodale aplicate la mașina numerică.

În Franța, deși au fost utilizate pentru studiul respectiv mijloace pretențioase:

— încercări pe viu,
— analizator cu impedanțe,
— microrețea,

analiza respectivă nu a putut depăși o anumită precizie.

În ce constă problema?

Se încearcă să se găsească cauza care ar putea justifica faptul că întotdeauna timpul de lansare aparent al unei rețele determinat experimental este mai mare decît cel determinat teoretic, ținînd seama de masele turnante din sistem.

Gradul de mărire respectiv nu a putut fi definit în studiul francez cu suficientă precizie.

Să trecem la examinarea de fond a problemei.

Timpul de lansare teoretic al rețelei:

$$T = \frac{\Sigma I \Omega_0^2}{P_0} = \frac{\text{dublul energiei cinetice înmagazinate}}{\text{puterea activă dată de rețea înainte de perturbație}}$$

Timpul de lansare aparent, dedus experimental:

$$T_a = \frac{\Delta P_0}{\left(\frac{df}{dt}\right)_0 \Big/ f_0}$$

unde: $\Delta P_0 = \frac{P}{P_0}$, variația puterii raportată la puterea totală P_0.

Aplicarea analizei grafice a nodurilor

Schema principială a rețelei în care s-au făcut încercările este dată în fig. 8.

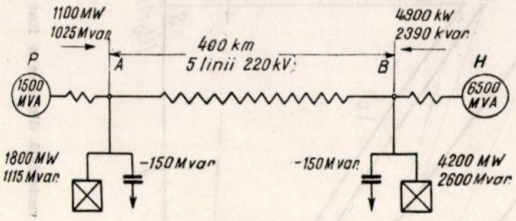


Fig. 8. Schema principală a rețelei în care s-au făcut încercările.

La nodul A sînt legate termocentrale avînd o putere de 1500 MVA, la nodul B hidrocentrale cu o putere de 6500 MVA.

— curenți de sarcină;

— mărimea tensiunii care este proporțională cu vectorul O-S;

— generatorul echivalent unic $O—O_{(0)}$ pentru care se studiază timpul de lansare.

În fig. 10 se poate urmări modificarea generatorului echivalent corespunzător punctului A și punctului B.

În fig. 11 se poate urmări transformarea graficului după deconectarea unei sarcini de 500 MW.

Deoarece se lucrează în unități relative cu puterea de bază $P_b = 1500$ MW, sarcina deconectată corespunde unei puteri de $P = 0{,}333$.

Odată cu aceasta se întîmplă și saltul fazei tensiunii (de la OS la OS' în fig. 11), corespunzător modificării unghiului δ.

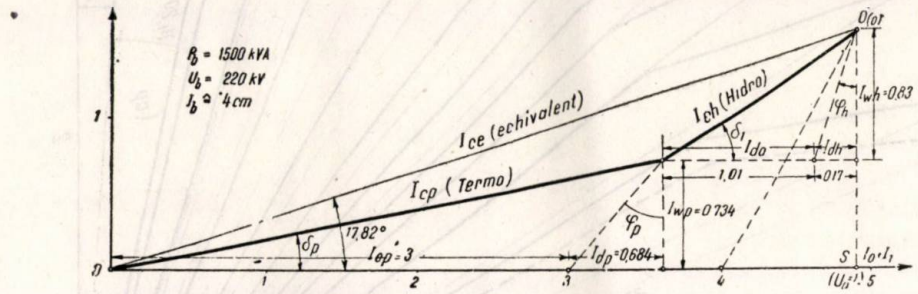


Fig. 9. Reprezentarea grafică a nodului A. Sarcinile din nodul B au fost aruncate în nodul A.

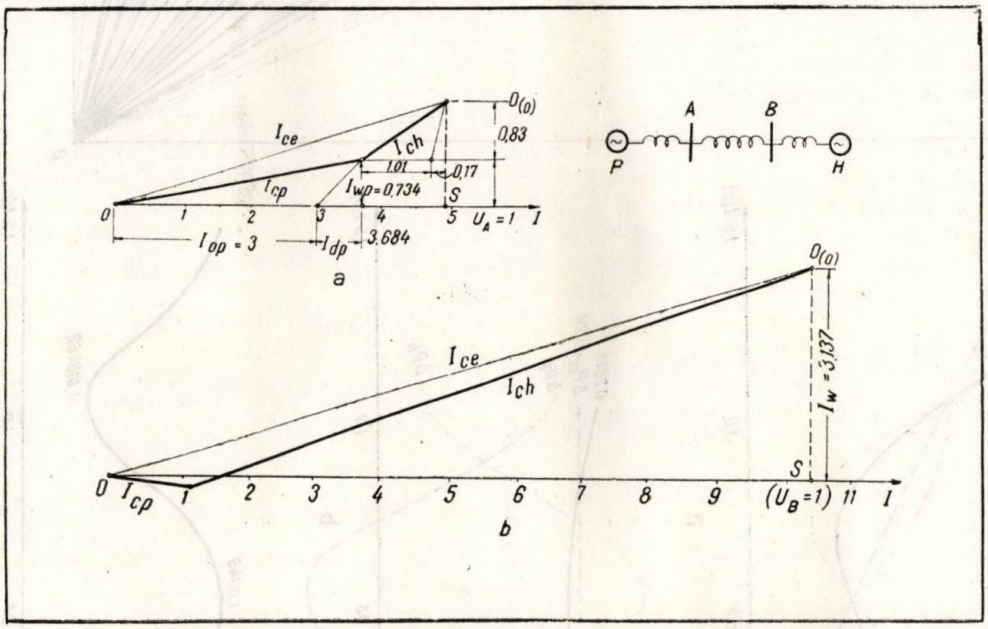


Fig. 10. Modificarea generatorului echivalent corespunzător nodului A și B.

În fig. 9 se dă reprezentarea grafică a nodului A. Sarcinile din nodul B au fost aruncate în nodul A.

Se pot urmări mărimile vectorilor curenților care reprezintă:

— curenți de scurtcircuit;

Se modifică corespunzător și scara tensiunii

Se obține astfel o nouă situație bine determinată. Se observă facilitatea calculului față de metodele clasice.

Mai departe evităm să dăm toate detaliile calculului, arătînd numai punctele importante.

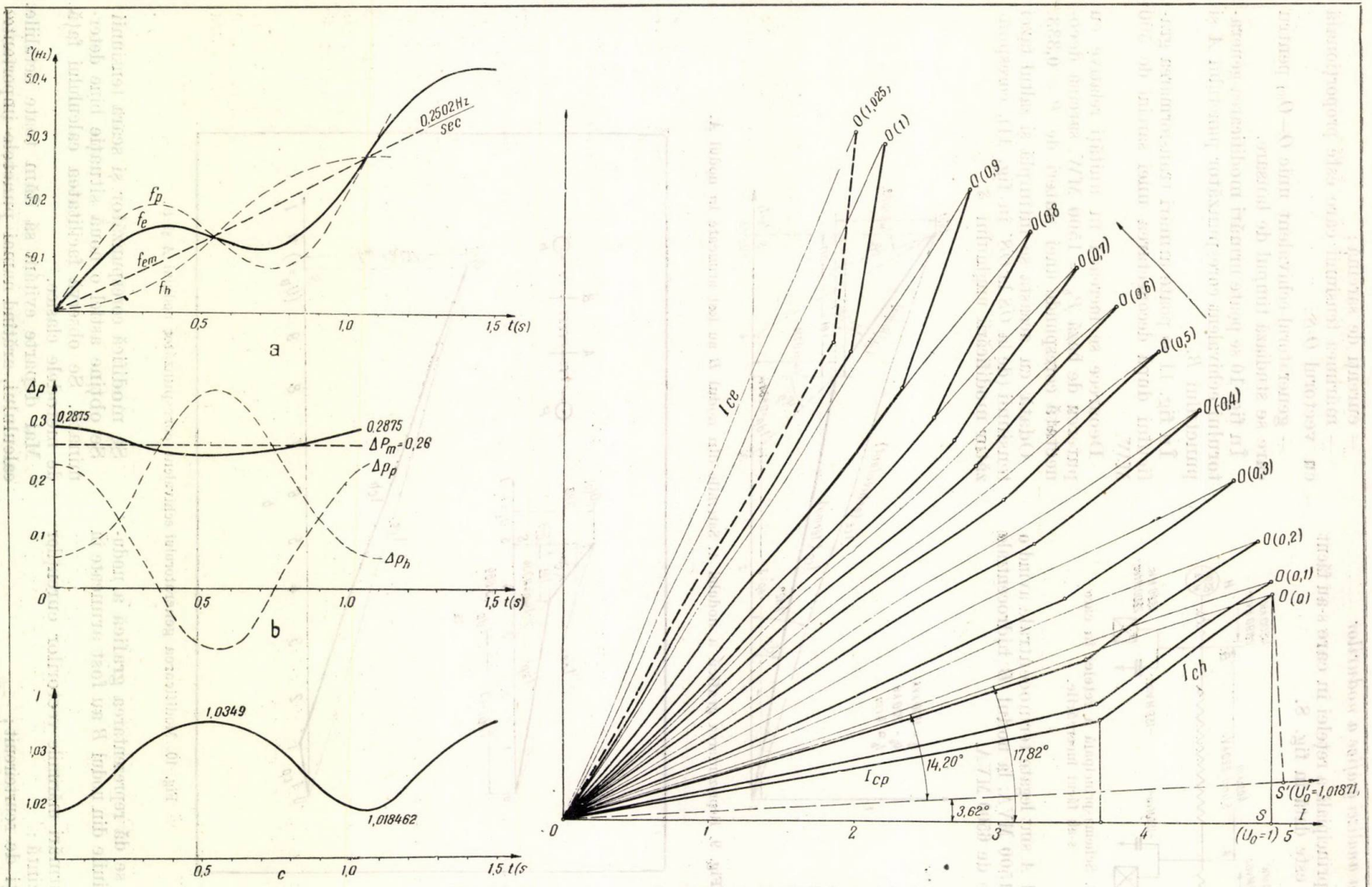


Fig. 11. Deconectarea unei sarcini de 500 MV în nodul A.

a – variația frecvenței și determinarea raportului $\left(\frac{df}{dt}\right)_{t=0}$; *b* – variația puterii totale și pe generatoarele echivalente; *c* – variația tensiunii nodului *A*; *d* – diagrama vectorială din care a fost extrasă variația valorilor de la *a*, *b* și *c*.

În acest mod s-a putut face o analiză mai exactă a variației tensiunii, sarcinii, a importanței oscilațiilor de sincronizare, obținîndu-se prin calcul valori foarte apropiate de cele obținute prin încercări pe viu în rețea, în privința timpului de lansare aparent al rețelei.

S-a dedus și în mod teoretic factorul de reducere al puterii din primul moment care are o formă foarte simplă.

$$\rho = \frac{1 - \operatorname{tg}^2 \delta_e}{1 + \operatorname{tg}^2 \delta_e}.$$

Cînd unghiul δ_e este mic, acest lucru nu are importanță, dar are mare importanță la rețeaua încărcată, cînd δ_e este mare.

Cînd este la 45°, ceea ce corespunde în general la limita de stabilitate statică, el poate fi chiar 0.

Este de observat că acest unghi de 45° corespunde unghiului de 90° din diagrama clasică.

Deci, o rețea încărcată are un timp de lansare mare, care în caz extrem poate fi infinit.

O formulă la fel de simplă dă și saltul tensiunii din primul moment, fapt de asemenea neglijat în studiul francez.

Regimul dinamic corespunzător poate fi urmărit pe graficul în evantai, construit exact după metoda clasică, pas cu pas, numai cu elemente extrase din grafic sau din calculul numeric.

Întrucît pe grafic se poate urmări exact și variația fazei tensiunii, se poate deduce ușor și variația frecvenței ținînd seama de variația fazei între două intervale de timp succesive

$$f_{(n)} = f_0 + \frac{\Delta \delta_a}{360 \cdot \Delta t}.$$

Se observă că valoarea frecvenței poate fi dată cu atît mai exact, cu cît intervalul de timp este mai mic.

S-a putut micșora intervalul de timp foarte mult (pînă la 0,025 s) datorită posibilității folosirii mașinii de calcul numerice, care poate reproduce cu foarte mare exactitate calculele grafice.

Fără a mai prezenta detalii, se poate menționa că prin această metodă se mai poate determina cu mai mare precizie variația puterii medii în timpul primei oscilații.

Cunoscînd acestea se pot determina cu mai mare precizie :

— timpul de lansare aparent, raportat la puterea maximă de sarcină, care se poate compara cu :

— timpul de lansare obținut neglijînd efectul oscilațiilor ;

— timpul de lansare considerînd puterea medie în timpul primei oscilații ;

— timpul de lansare real.

S-au examinat diverse cazuri, atît pentru nodul *A* cît și pentru nodul *B*, cu șocuri pozitive de putere activă, șocuri negative, șocuri de putere reactivă, cu 3 generatoare etc., din care pe scurt s-au extras rezultatele interesante de mai jos.

Tabela rezumativă a rezultatelor

P_b = 1500 MW

Cazul	Felul șocului de sarcină	Șocul în unități relative de putere	Timpul de lansare aparent, s	Timpul de lansare aparent, considerînd puterea medie în prima oscilație, s	Timpul de lansare real, s
	Nodul A				
1	Deconectare de sarcină	−0,333	16,5	12,95	12,8
1b	Variație de putere în sens contrar	+0,333	22,3	12,76	12,8
2	Modificarea puterii reactive	−0,333	15,2	12,89	12,8
3	„	−0,333	17,9	12,79	12,8
4	Modificarea puterii active	−0,333	14,5	12,79	12,8
5	„	−0,333	19,05	12,84	12,8
6	3 generatoare	−0,333	16,35	12,82	12,8
7	P_{dublat}	−0,666	14.8	12,85	12,8
8	$P_{mecanic}$	−0,323	14,9	12,8	12,8
9	*Nodul B*	−0,333	14,75	12,9	12,8

Timpul de lansare aparent în nodul unei rețele este mult mai mare decît timpul de lansare real, corespunzător maselor turnante ale generatoarelor respective.

Aceasta are două cauze principale :

— Prima cauză constă în faptul că variația de putere provocată și cu care se calculează timpul de lansare este brusc redusă prin variația de tensiune care rezultă. Această reducere este mai importantă pentru rețelele încărcate și mai puțin importantă pentru rețelele descărcate.

— A doua cauză este datorată variațiilor de tensiune provocate de oscilațiile de sincronizare care pot să reducă încă variația de putere reală din primul moment.

Aceasta are importanță pentru marile centre de consum alimentate de centrale locale și centrale îndepărtate.

Efectul poate fi uneori contrar, sau poate fi nul în cazul unei poziții simetrice a generatoarelor față de locul unde se provoacă variația de putere.

Ca alte cauze notăm variația bruscă a fazei tensiunii, care poate falsifica rezultatele măsurării frecvenței în cazul încercărilor pe viu.

Timpul de lansare aparent din nodul unei rețele este în același timp variabil cu :

— repartiția sarcinilor active ;

— repartiția sarcinilor reactive ;

— felul variației puterii și chiar cu mărimea acestei variații inițiale.

Deci timpul de lansare diferă în mod evident de la un nod la altul pentru aceeași rețea.

Se poate totdeauna deduce prin calcul timpul de lansare probabil aparent, plecînd de la timpul de lansare real al generatoarelor.

Este bine întotdeauna ca încercările pe viu din rețea să fie însoțite de asemenea calcule, care pot explica rezultatele.

Studiul teoretic poate fi bineînțeles completat, cum ar fi de exemplu cu inerția sarcinii, după cum este dat în literatura sovietică de Azariev [11].

În R.P.R., determinarea timpului de lansare aparent s-a făcut atît prin încercări, cît și teo-

Generatorul echivalent	I_0 curentul de scurt-circuit în gol	I_{dw} curentul de sarcină activă	$I_0 + I_{dw}$ suma lor	I_w curentul de sarcină activă
1	3	0,7	3,7	0,7
2	1	0,2	1,2	0,8
Total	4	0,9	4,9	1,5

(Valori rotunjite)

I_1 10^{-1} u.r.	δ_1 10^{-3} grade	I_2 10^{-1} u.r.	δ_2 10^{-3} grade el.	I_e 10^{-1} u.r.	δ_e 10^{-3} grade el.
$\Delta\delta_e$ 10^{-3} grade el.	U_0' 10^{-1} u.r.				
.144267111	.035122161	.375640943	.011268054	.510926528	.017824989
.003622566	.101831836				

a)

t_1 s	ΔP_1 10^{-2} u.r.	δ_1 10^{-3} grade el.	f_1 10^{-2} Hz	ΔP_2 10^{-2} u.r.	δ_2 10^{-3} grade el	f_2 10^{-2} Hz	δ_e 10^{-3} grade el
f_e 10^{-3} Hz	U 10^{-1} u.r.	I_{ce} 10^{-1} u.r.					
.002500049	.000624069	.035131171	.500009685	.002250801	.011373559	.500116974	.017904477
.500088289	.101846204	.510998622					
.003000050	.000638402	.035158613	.500030174	.002232865	.011688395	.500349804	.018141786
.500263378	.101888664	.511211666					
.003500050	.000681202	.035205724	.500052154	.002179416	.012207549	.500576674	.018533487
.500435113	.101957301	.511556047					
.010000050	.000751861	.035274543	.500076368	.002091535	.012922784	.500794604	.019073951
.500600144	.102049090	.512016587					

b)

Fig. 12. Calculul de determinare a timpului de lansare pentru regimul 1, pînă la timpul 0,1 *s*.
a. Saltul inițial:
b. Intervalele de la 0,025 s în continuare

retic, prin calcul, plecînd de la timpul de lansare a generatoarelor și de la regimul de sarcini din rețea.

Ținînd seama de factorii amintiți, s-a ajuns la rezultate satisfăcătoare.

Cred că nu mai este necesar să se sublinieze faptul că o asemenea concluzie este de o mare importanță, în sensul că prin mijloacele de calcul de care dispunem se poate determina timpul de lansare aparent în funcție de locul din rețea (de exemplu punctul de interconexiune între rețelele naționale), precum și de regimul respectiv, care știm că variază după oră, zi, sezon etc. reducînd astfel la minimum încercările la scară mare din rețea.

Utilizarea mașinii numerice pentru calculul regimului 1 din tabela rezumativă.

După întocmirea programului de bază pentru mașina electronică, care urmărește exact calculul grafic, se dă regimul inițial din nod și evenimentul ce intervine.

Regimul inițial

(Datele sînt în unități relative, față de o putere de bază și o tensiune de bază).

Din tablou:

$$\text{tg}\ \delta_e = \frac{1,5}{4,9}$$ scara tensiunii $k = 4,9$

pentru $U = 1$

Se dă intervalul de timp: $\Delta t = 0,025$ s.

Valorile respective intră în program și se obțin rezultatele din fig. 12.

Pentru pașii următori, de la 0,025 s pînă la 1,5 s (II)

Durata calculului: 40 min, cost: circa 70 lei.

Diagramele respective au fost extrase în fig. 11.

Regret că, din cauza spațiului limitat, nu pot să arăt și alte aspecte ale studiilor noastre de rețele.

Dintre problemele mai interesante ce s-ar fi putut menționa sînt problemele de regimuri nesimetrice, circulații de puteri care sînt necesare atît Institutului de studii și proiectări energetice cît și Dispecerului Național.

Din punct de vedere teoretic, studiile asupra metodelor de calcul se continuă pentru a rezolva

situații mai complicate — mai multe noduri simultan, ținînd seama de rezistențe, de caracteristicile de sarcini etc.

Posibilitățile unor astfel de metode au putut fi scoase în evidență numai prin utilizarea calculatorului numeric.

7. Concluzii

Cred că în comunicarea de față am reușit în oarecare măsură să vă prezint anumite realizări din țara noastră în domeniul unor probleme actuale de rețele electrice.

Noi ne dăm silința să utilizăm la maximum mijloacele de calcul care ne stau la dispoziție, atît ca metode cît și ca mașini de calcul.

Considerăm ca o realizare importantă faptul că s-a reușit să se utilizeze mașina electronică numerică în probleme care ar necesita modele de rețea în curent alternativ, analizatoare, microrețele.

S-a găsit în multe probleme o justificare teoretică a utilizării ei, folosind din plin exactitatea și viteza de calcul specifice ei.

S-a reușit, fie utilizînd metode clasice de calcul, fie utilizînd metoda romînească a analizei grafice, să se obțină rezultate care pînă în prezent nu și-au găsit o rezolvare cu alte mijloace de calcul.

Considerăm că avem deci în momentul de față capacitatea să rezolvăm problemele din ce în ce mai complicate care se pun atît pentru rețeaua noastră națională, cît și pentru interconexiunile internaționale.

Calea abordată în țara noastră prin utilizarea la maximum a mașinilor numerice și a metodelor moderne de calcul corespunde cerințelor de calcul, fiind la nivelul tehnicii mondiale.

Categoriile de probleme din energetică amintite sînt doar un început, calea pentru utilizări multilaterale atît din energetică cît și din alte domenii rămînînd deschisă pentru cei interesați.

Bibliografie

[1] Brown R. J., Tinney W. F. — *Aplicarea calculatoarelor aritmetice la studiul rețelelor de energie*, CIGRE — 1958, Rap. nr. 307

[2] Dimo P. — *Analiza sistemelor electroenergetice prin separarea nodurilor și utilizarea curenților de scurtcircuit*, Editura Tehnică, București, 1959

[3] Dimo P. — *Analizatorul grafic*, Rap. nr. 302, CIGRE, 1958.

[4] Bruk I. S., Markovici I. M. — *Despre stabilitatea statică a sistemelor energetice complexe*, Elektricestvo, nr. 9, 1938.

[5] Groza L., Moraite G. — *Considerații asupra stabilității statice, dinamice și a reglajului cu ajutorul compensatoarelor în S.E. interconectat al R.P.R.*, Energetica nr. 1, 1960.

[6] Groza L., Moraite G., Itoafa A. — *Determinarea pe viu a comportării dinamice a rețelelor după metoda analizei grafice Dimo*, Energetica, nr. 5, 1958.

[7] Arie E., Popov V. M., Racovita M. — *Utilizarea mașinii de calcul analogice MECAN la soluționarea unor clase de probleme de rețele electrice*. Raport prezentat la Conferința Națională despre mașini electronice de calcul, București, ian. 1960.

[8] Toma V. — *Calculatorul electronic al Institutului de Fizică Atomică* CIFA-2. Raport prezentat la Conferința Națională despre mașini de calcul. București, ianuarie 1960.

[9] Meiltz G. — *O nouă metodă de programare aplicată la calculele rețelelor de transport de energie electrică*. Conferința Națională despre mașini de calcul. București, ian. 1960.

[10] Meiltz G. — *Calculul circulațiilor de putere cu ajutorul unei mașini numerice* (sub tipar).

[11] Azariev D. I. — *Modelele sistemelor electrice*, Elektricestvo, nr. 2, 1947.

[12] Dimo P. — *Timpul de lansare a unei rețele — Caracteristici și posibilități de determinare* (sub tipar).

[13] Bercovici M. — *Utilizarea mașinilor automate numerice pentru calculul rețelelor electrice*. Conferința națională despre mașini de calcul, București, ianuarie 1960.

Compararea metodei transfigurației și a metodei matriciale pentru calcularea rețelelor electrice buclate

A. PETROIANU

În calculul rețelelor electrice buclate se folosește în mod curent metoda transfigurației.

Se impune compararea metodei transfigurației (*M.T.*) cu metoda matricială (*M.M.*) după următoarele criterii:

a) premisele de calcul,

b) precizia calculului,

c) cantitatea de timp necesară calculului.

Importanța studierii acestei probleme este determinată de faptul că, odată cu dezvoltarea continuă a rețelelor din R.P.R., crește și volumul de calcule necesare. Trebuie subliniat de asemenea faptul că alegerea metodei optime de calcul este nu numai o problemă tehnică, ci și una economică, ea asigurînd cheltuiala minimă de timp necesar calculului.

În ceea ce privește premisele de calcul, ele sînt aceleași pentru ambele metode, atît în ceea ce privește caracteristicile rețelei cît și cele ale generatoarelor și receptoarelor.

Rezultatele comparării după criteriile (*b*, *c*) vor reieși după ce vom exemplifica aplicarea (*M.T.*) pentru o rețea simplă (fig. 1).

Pentru această rețea, lucrînd în curenți, se poate scrie prin metoda perechilor de noduri următorul sistem de ecuații lineare:

$$\left.\begin{aligned}
\dot{I}_1 &= \dot{Y}_{11}\dot{U}_1 + \dot{Y}_{12}\dot{U}_2 + \dot{Y}_{13}\dot{U}_3 + \dot{Y}_{14}\dot{U}_4 \\
\dot{I}_2 &= \dot{Y}_{21}\dot{U}_1 + \dot{Y}_{22}\dot{U}_2 + \dot{Y}_{23}\dot{U}_3 + \dot{Y}_{24}\dot{U}_4 \\
\dot{I}_3 &= \dot{Y}_{31}\dot{U}_1 + \dot{Y}_{32}\dot{U}_2 + \dot{Y}_{33}\dot{U}_3 + \dot{Y}_{34}\dot{U}_4 \\
\dot{I}_4 &= \dot{Y}_{41}\dot{U}_1 + \dot{Y}_{42}\dot{U}_2 + \dot{Y}_{43}\dot{U}_3 + \dot{Y}_{44}\dot{U}_4
\end{aligned}\right\} \quad (I)$$

în care $\dot{Y}_{ik} = \dot{Y}_{ki} = -\dot{y}_{ik} = -\dot{y}_{ki}$

$$\dot{Y}_{ii} = -\sum_{\substack{k=0 \\ k\neq i}}^{n} \dot{Y}_{ik}.$$

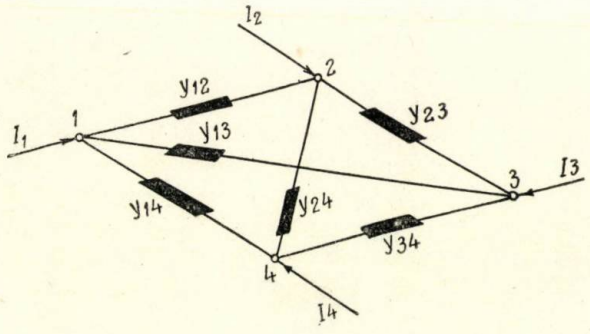


Fig. 1

Rezolvarea problemei circulațiilor de putere în rețeaua buclată din fig. 1 prin (*M.M.*) constă în inversarea matricei coeficienților sistemului de ecuații I.

Vom căuta să demonstrăm că aplicarea (*M.T.*) conduce tot la o rezolvare a sistemului de ecuații I. Metodica folosită va fi aceea de a pune în corespondență fiecare pas al aplicării (*M.T.*) cu schimbările survenite în sistemul de ecuații.

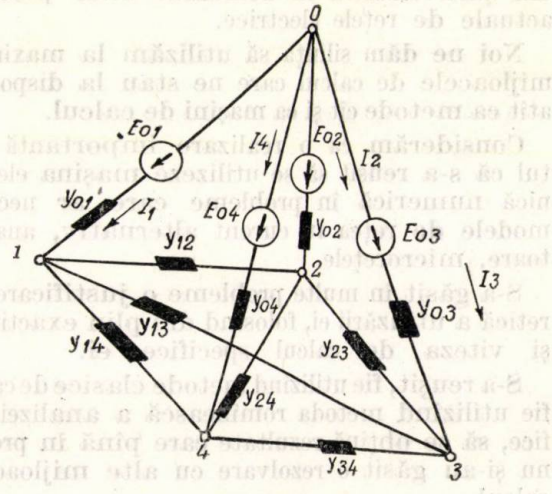


Fig. 2

Introducînd în locul curenților injectați valorile f.e.m. și ale admitanțelor față de neutru, obținem rețeaua reprezentată în fig. 2.

Separăm rețeaua obținută în două subrețele (fig. 3, 4) în așa fel încît regimul tensiunilor și curenților să rămînă neschimbat.

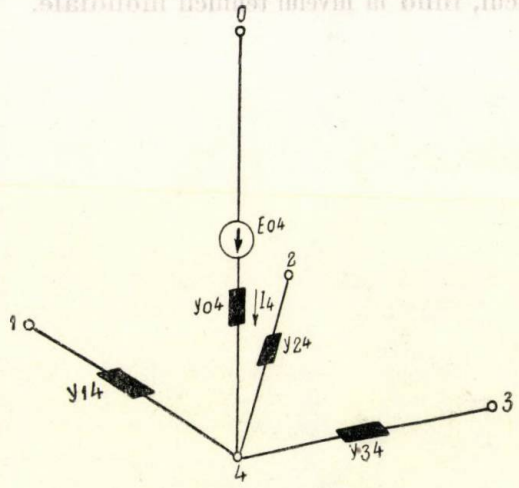


Fig. 3

Pentru omogenizarea expresiilor vom introduce f.e.m. egale cu zero în fiecare rază ce pleacă din nodul *4*, și obținem rețeaua reprezentată în fig. 3′.

Transfigurînd rețeaua din fig. 3′ (stea → poligon), eliminăm nodul *4* obținînd rețeaua din fig. 3″. [1]

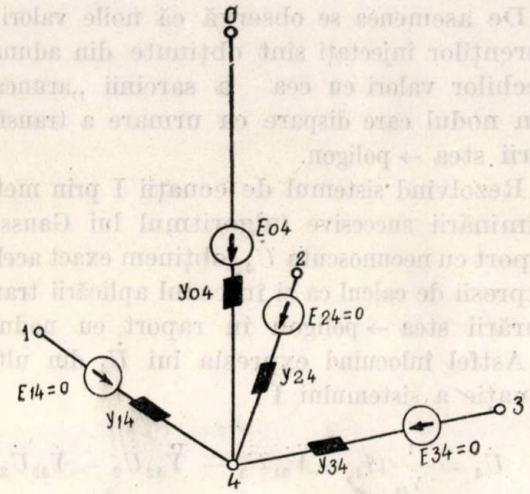


Fig. 3′

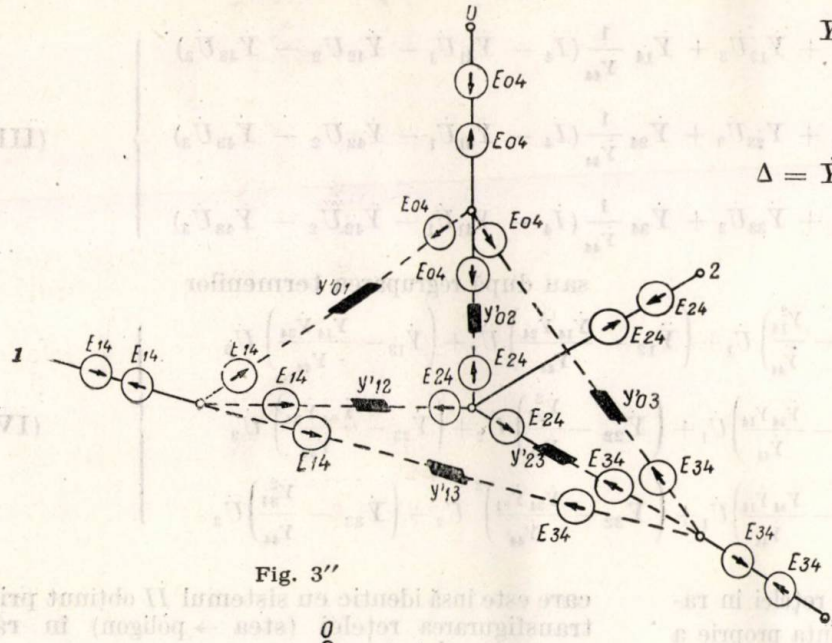


Fig. 3″

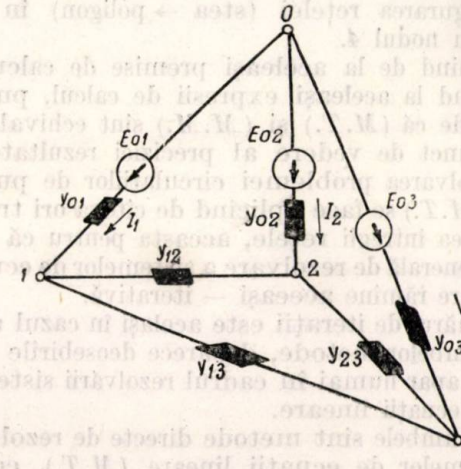


Fig. 4

Eliminînd $\dot{E}_{14} = \dot{E}_{24} = \dot{E}_{34} = 0$ și suprapunînd rețeaua obținută cu cea din fig. 4, obținem rețeaua din fig. 5, în care:

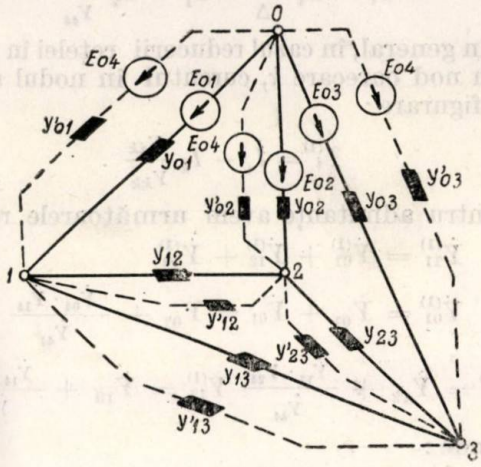


Fig. 5

$$\dot{Y}'_{01} = \frac{\dot{Y}_{04}\dot{Y}_{14}}{Y_{04} + Y_{14} + Y_{24} + Y_{34}}$$

$$\dot{Y}'_{ik} = \frac{Y_{i4}\ Y_{k4}}{\Delta}$$

$$\Delta = \dot{Y}_{04} + \dot{Y}_{14} + \dot{Y}_{24} + \dot{Y}_{34} = \sum \dot{Y}_{44}.$$

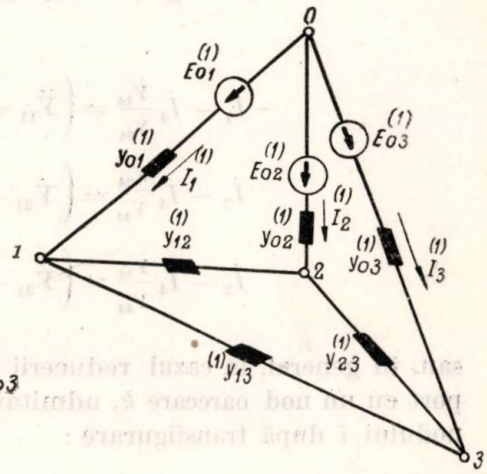


Fig. 6

Făcînd simplificările necesare, obținem rețeaua redusă din fig. 6, căreia îi corespunde sistemul de ecuații lineare II:

$$\left.\begin{aligned} \dot{I}_1^{(1)} &= \dot{Y}_{11}^{(1)}\,\dot{U}_1 + \dot{Y}_{12}^{(1)}\,\dot{U}_2 + \dot{Y}_{13}^{(1)}\,\dot{U}_3 \\ \dot{I}_2^{(1)} &= \dot{Y}_{21}^{(1)}\,\dot{U}_1 + \dot{Y}_{22}^{(1)}\,\dot{U}_2 + \dot{Y}_{23}^{(1)}\,\dot{U}_3 \\ \dot{I}_3^{(1)} &= \dot{Y}_{31}^{(1)}\,\dot{U}_1 + \dot{Y}_{32}^{(1)}\,\dot{U}_2 + Y_{33}^{(1)}\,\dot{U}_3 \end{aligned}\right\} \quad \text{(II)}$$

în care:

$$\dot{I}_1^{(1)} = \dot{E}_{01} \cdot \dot{Y}_{01} + \dot{E}_{04} \cdot \dot{Y}_{01} =$$

$$= \dot{I}_1 - \dot{I}_4 \cdot \frac{\dot{Y}_{14}}{\Delta} = \dot{I}_1 - \dot{I}_4 \frac{\dot{Y}_{14}}{\dot{Y}_{44}}$$

sau, în general, în cazul reducerii rețelei în raport cu un nod oarecare k, curentul în nodul i după transfigurare:

$$\dot{I}_i^{(1)} = \dot{I}_i - \dot{I}_k \frac{\dot{Y}_{ik}}{\dot{Y}_{kk}}$$

Pentru admitanțe avem următoarele relații:

$$\dot{Y}_{11}^{(1)} = \dot{Y}_{01}^{(1)} + \dot{Y}_{12}^{(1)} + \dot{Y}_{13}^{(1)}$$

$$\dot{Y}_{01}^{(1)} = \dot{Y}_{01} + \dot{Y}_{01}' = \dot{Y}_{01} + \frac{\dot{Y}_{04} \cdot \dot{Y}_{14}}{\dot{Y}_{44}}$$

$$\dot{Y}_{12}^{(1)} = \dot{Y}_{12} + \frac{\dot{Y}_{14} \cdot \dot{Y}_{24}}{\dot{Y}_{44}} \quad \dot{Y}_{13}^{(1)} = \dot{Y}_{13} + \frac{\dot{Y}_{14} \cdot \dot{Y}_{34}}{\dot{Y}_{44}}$$

de unde:

$$\dot{Y}_{11}^{(1)} = \dot{Y}_{11} - \frac{\dot{Y}_{14}^2}{\dot{Y}_{44}}$$

sau, în general, în cazul reducerii rețelei în raport cu un nod oarecare k, admitanța proprie a nodului i după transfigurare:

$$\dot{Y}_{ii}^{(1)} = \dot{Y}_{ii} - \frac{\dot{Y}_{ik}^2}{\dot{Y}_{kk}}.$$

În mod analog se arată că în cazul reducerii rețelei în raport cu un nod oarecare k, admitanța de transfer între nodurile i, j, după transfigurare:

$$\dot{Y}_{ij}^{(1)} = \dot{Y}_{ij} - \frac{\dot{Y}_{ik} \cdot \dot{Y}_{jk}}{\dot{Y}_{kk}}.$$

Se observă că fiecare element al rețelei reduse este rezultatul unei puneri în paralel a elementului corespunzător din rețeaua inițială cu elementul derivat din transfigurarea stea-poligon [2].

De asemenea se observă că noile valori ale curenților injectați sînt obținute din adunarea vechilor valori cu cea a sarcinii „aruncate" din nodul care dispare ca urmare a transfigurării stea → poligon.

Rezolvînd sistemul de ecuații I prin metoda eliminării succesive (algoritmul lui Gauss) în raport cu necunoscuta $\dot{U}_4$, obținem exact aceleași expresii de calcul ca și în cazul aplicării transfigurării stea → poligon în raport cu nodul *4*.

Astfel înlocuind expresia lui $\dot{U}_4$ din ultima ecuație a sistemului I:

$$\dot{U}_4 = \frac{1}{\dot{Y}_{44}} (\dot{I}_4 - \dot{Y}_{41}\dot{U}_1 - \dot{Y}_{42}\dot{U}_2 - \dot{Y}_{43}\dot{U}_3)$$

în restul ecuațiilor obținem:

$$\left.\begin{aligned}
\dot{I}_1 &= \dot{Y}_{11}\dot{U}_1 + \dot{Y}_{12}\dot{U}_2 + \dot{Y}_{13}\dot{U}_3 + \dot{Y}_{14}\frac{1}{\dot{Y}_{44}}(\dot{I}_4 - \dot{Y}_{41}\dot{U}_1 - \dot{Y}_{42}\dot{U}_2 - \dot{Y}_{43}\dot{U}_3) \\
\dot{I}_2 &= \dot{Y}_{21}\dot{U}_1 + \dot{Y}_{22}\dot{U}_2 + \dot{Y}_{23}\dot{U}_3 + \dot{Y}_{24}\frac{1}{\dot{Y}_{44}}(\dot{I}_4 - \dot{Y}_{41}\dot{U}_1 - \dot{Y}_{42}\dot{U}_2 - \dot{Y}_{43}\dot{U}_3) \\
\dot{I}_3 &= \dot{Y}_{31}\dot{U}_1 + \dot{Y}_{32}\dot{U}_2 + \dot{Y}_{33}\dot{U}_3 + \dot{Y}_{34}\frac{1}{\dot{Y}_{44}}(\dot{I}_4 - \dot{Y}_{41}\dot{U}_1 - \dot{Y}_{42}\dot{U}_2 - \dot{Y}_{43}\dot{U}_3)
\end{aligned}\right\} \quad \text{(III)}$$

sau după regruparea termenilor

$$\left.\begin{aligned}
\dot{I}_1 - \dot{I}_4\frac{\dot{Y}_{14}}{\dot{Y}_{44}} &= \left(\dot{Y}_{11} - \frac{\dot{Y}_{14}^2}{\dot{Y}_{44}}\right)\dot{U}_1 + \left(\dot{Y}_{12} - \frac{\dot{Y}_{14}\dot{Y}_{24}}{\dot{Y}_{44}}\right)\dot{U}_2 + \left(\dot{Y}_{13} - \frac{\dot{Y}_{14}\dot{Y}_{34}}{\dot{Y}_{44}}\right)\dot{U}_3 \\
\dot{I}_2 - \dot{I}_4\frac{\dot{Y}_{24}}{\dot{Y}_{44}} &= \left(\dot{Y}_{21} - \frac{\dot{Y}_{24}\dot{Y}_{14}}{\dot{Y}_{44}}\right)\dot{U}_1 + \left(\dot{Y}_{22} - \frac{\dot{Y}_{24}^2}{\dot{Y}_{44}}\right)\dot{U}_2 + \left(\dot{Y}_{23} - \frac{\dot{Y}_{24}\dot{Y}_{34}}{\dot{Y}_{44}}\right)\dot{U}_3 \\
\dot{I}_3 - \dot{I}_4\frac{\dot{Y}_{34}}{\dot{Y}_{44}} &= \left(\dot{Y}_{31} - \frac{\dot{Y}_{34}\dot{Y}_{14}}{\dot{Y}_{44}}\right)\dot{U}_1 + \left(\dot{Y}_{32} - \frac{\dot{Y}_{34}\dot{Y}_{24}}{\dot{Y}_{44}}\right)^2\dot{U}_2 + \left(\dot{Y}_{33} - \frac{\dot{Y}_{34}^2}{\dot{Y}_{44}}\right)\dot{U}_3
\end{aligned}\right\} \quad \text{(IV)}$$

care este însă identic cu sistemul *II* obținut prin transfigurarea rețelei (stea → poligon) în raport cu nodul *4*.

Pornind de la aceleași premise de calcul și ajungînd la aceleași expresii de calcul, putem conchide că (*M.T.*) și (*M.M.*) sînt echivalente din punct de vedere al preciziei rezultatelor.

Rezolvarea problemei circulațiilor de putere prin (*M.T.*) se face aplicînd de cîteva ori transfigurarea întregii rețele, aceasta pentru că metoda generală de rezolvare a sistemelor de ecuații nelineare rămîne aceeași — iterativă.

Numărul de iterații este același în cazul aplicării ambelor metode, deoarece deosebirile dintre ele apar numai în cadrul rezolvării sistemului de ecuații lineare.

Deși ambele sînt metode directe de rezolvare a sistemelor de ecuații lineare, (*M.T.*), corespunzînd matematic metodei eliminării succesive,

este o metodă determinată, spre deosebire de (*M.M.*), care este o metodă nedeterminată.

În avantajul metodei transfigurației trebuie arătat că, operînd asupra rețelei reale (și nu asupra sistemului de ecuații) [3] se ține seama de faptul că matricea coeficienților nu este plină (aceasta corespunde fizic faptului că într-un sistem energetic real nu toate legăturile posibile între stații și centrale există).

Prin aceasta numărul de operații este mai mic decît cel efectuat prin corespondentul ei matematic — metoda eliminării succesive.

Și metoda matricială însă poate ține seamă de zerouri, introducînd, în programul de inversare, o matrice ajutătoare denumită matrice caracteristică.

În cazul folosirii (*M.T.*) sînt necesare un număr de operații de înmulțire, împărțire (*M*):

$$M \cong K \cdot \frac{n^3}{3} \qquad \text{(V)}$$

în care:

n — numărul necunoscutelor;

K — numărul sistemelor de ecuații liniare care trebuiesc rezolvate.

În cazul folosirii (*M.M.*) sînt necesare un număr de operații de înmulțire, împărțire (*M*)

$$M \cong n^3 + K \cdot n^2. \qquad \text{(VI)}$$

Pentru stabilirea domeniului optim de utilizare a metodei s-a calculat (după formulele aproximative V, VI) numărul de operații de înmulțire, împărțire (*M*) pentru diverse valori K și n.

Rezultatele calculelor reprezentate în curbele din fig. 7 arată că, începînd de la matrici de ordine apropiate de cincisprezece ($n = 15$), metoda matricială asigură numărul minim de operații dacă avem de rezolvat cel puțin patru sisteme de ecuații ($K = 4$).

Concluzii analoge se găsesc și în literatură [4].

Experiența folosirii mașinii electronice de calcul CIFA-2 pentru calculul circulațiilor de putere într-o rețea prin metoda transfigurației arată că o precizie de calcul corespunzătoare pînă la a 5-a zecimală la tensiuni a fost obținută în cca.4—5 iterații.

Aceasta înseamnă că în calcularea unui singur regim de funcționare s-au rezolvat $K = 4 - 5$ sisteme de ecuații lineare și că (*M.M.*) este superioară la limită chiar și în cazul studierii unui singur regim pentru sisteme energetice cu cel puțin 7 noduri. Deoarece în realitate se studiază un număr mult mai mare de regimuri de funcționare pentru aceeași configurație a rețelei, avantajele folosirii (*M.M.*) sînt evidente.

Trebuie să subliniem că aceste concluzii se referă numai pentru partea buclată a rețelei. Din punct de vedere al calculelor de regim, ea este și partea cea mai importantă atît prin faptul că ridică cele mai grele probleme, cît și prin faptul că se dezvoltă continuu.

Nu trebuie însă neglijată nici problema calculului rețelei în întregime, care în afară de partea buclată cuprinde și rețele radiale.

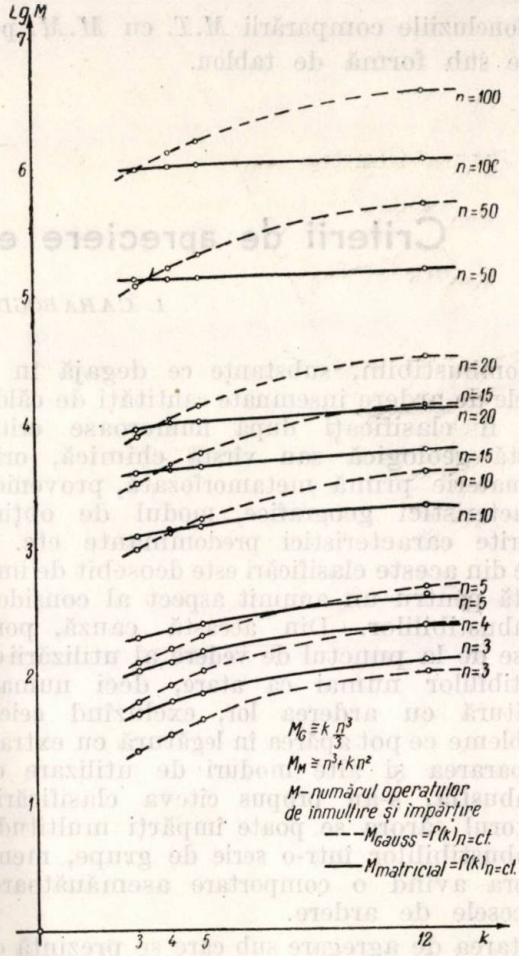


Fig. 7

Rezolvarea problemei circulațiilor de putere într-o rețea buclată. Matematic ≡ rezolvarea unui sistem de ecuații neliniare

Metoda de rezolvare a sistemului de ec. neliniare		Metoda transfigurației: iterativă	Metoda matricială: iterativă
Nr. iterații		același	
Metoda de rezolvare a sistemului de ecuații liniare	iterativă	nu	nu
	directă	determinată	nedeterminată
Premize		aceleași	
Precizie		aceeași	
Nr. operații (*M*)	$K < 4$	+	−
	$K > 4$	−	+

Este posibil ca în cazul rezolvării rețelei în întregime, soluția optimă să fie una de compromis între *M.M.* aplicată numai pentru partea buclată și *M.T.* aplicată numai pentru partea radială sau slab buclată.

Concluziile comparării *M.T.* cu *M.M.* pot fi puse sub formă de tablou.

Bibliografie

[1] Zeliah E. V. *Osnovi obscei teorii lineinîh elektriceskih shem.* Izdatelstvo Ak. Nauk S.S.S.R. — 1951.

[2] Kimbark E. W. *Power System Stability.* Vol. I.

[3] Grehov A. V. *Tablicinîi metod reşenia sistem lineinîh uravnenii i evo primenenie k rasciotu elektriceskih tepei.* Trudî Instituta Energhetiki Ak. Nauk Uzbekskoi S.S.R. Vîp 3.1949.

[4] Bargmann V., J. von Neumann *Solution of linear system of high order.*

Criterii de apreciere energetică a combustibililor solizi

I. CARABOGDAN, N. PĂNOIU, G. SINGER

Combustibilii, substanțe ce degajă în procesele de ardere însemnate cantități de căldură, pot fi clasificați după numeroase criterii: vîrstă geologică sau vîrstă chimică, origine și materie primă metamorfozată, proveniență, caracteristici geografice, modul de obținere, diferite caracteristici predominante etc. Fiecare din aceste clasificări este deosebit de importantă pentru un anumit aspect al considerării combustibililor. Din această cauză, pornindu-se de la punctul de vedere al utilizării combustibililor numai ca atare, deci numai în legătură cu arderea lor, excluzînd celelalte probleme ce pot apărea în legătură cu extracția, prepararea și alte moduri de utilizare decît combustia, s-au propus cîteva clasificări cu ajutorul cărora se poate împărți multitudinea combustibililor într-o serie de grupe, membrii cărora avînd o comportare asemănătoare în procesele de ardere.

Starea de agregare sub care se prezintă combustibilii (solidă, lichidă sau gazoasă) constituie primul criteriu de clasificare, criteriu care are o importanță hotărîtoare asupra organizării procesului de ardere. În continuare se vor considera doar combustibilii solizi, aceștia ridicînd cele mai mari dificultăți la gruparea în diverse categorii. Următoarea divizare este bazată pe criteriul originii – minerale sau organice – a combustibililor. Combustibilii solizi organici, de ex. lemne, stuf, deșeuri agricole, alte deșeuri etc., sînt folosiți în raport cu cei minerali, în foarte mică măsură și au procentual, în balanța energetică națională, un rol din ce în ce mai neînsemnat.

După criteriul structurii și al compoziției chimice, combustibilii solizi minerali se împart în cărbuni și șisturi bituminoase, acestea din urmă lipsind aproape complet în R.P.R. Zăcămintele de turbă în R.P.R. sînt limitate și, din punct de vedere energetic, turba nu joacă și nu va juca nici în viitor un rol important. Din punctul de vedere al perspectivelor de utilizare energetică rezultă că, dintre toți combustibilii solizi, cei mai valoroși sînt cărbunii, care, din această cauză, vor fi tratați exclusiv în cele ce urmează. Prin luarea în evidență a mai multor însușiri fizico-chimice, cărbunii sînt clasificați după cum urmează [1]:

turbe (*T*)		
	pămîntos	(B.P.)
	lemnos	(B.L.)
cărbune brun(*B*)	mat	(B.M.)
	lucios	(B.S.)
	huilos	(B.H.)
huilă (*H*)	flambantă	(H.F.)
	de gaz	(H.G.)
	semigrasă	(H.S.)
	de cocs	(H.C.)
	antracitoasă	(H/A.)
antraciți *A*		

Cărbunii se mai pot grupa după modul de prelucrare, respectiv dacă sînt bruți (n-au suferit nici un fel de prelucrare), sînt prelucrați mecanic (mixte, șlam), termomecanic (brichete, cărbuni deshidratați) sau termochimic (semicocs).

Clasificările enumerate nu sînt indicate pentru studiul arderii cărbunilor, deoarece considerațiile care stau la baza lor sînt generale și numai parțial includ și caracteristicile de ardere. Astfel anumiți cărbuni bruni sînt în realitate combustibili mai buni decît anumite sorturi de huile, sau apar frecvente cazuri în care cărbunii din aceeași grupă sînt foarte diferiți în ceea ce privește calitățile lor combustibile.

În prezenta lucrare vor fi arătate o serie de criterii suplimentare care trebuie avute în vedere la clasificarea din punct de vedere al comportării la ardere a combustibililor solizi, cît și modul în care acestea trebuie avute în vedere la alegerea instalațiilor optime de ardere, atît din punct de vedere tehnic cît și din punct de vedere economic. Uzual, imaginea despre comportarea la ardere a cărbunilor energetici se conturează prin intermediul a patru caracteristici, denumite caracteristici tehnice: conținutul de apă (umiditate), conținutul

de cenușă (cenușă), conținutul de materii volatile și puterea calorică (inferioară sau superioară). Variația acestor caracteristici tehnice nu este aceeași la trecerea de la anumite sorturi de cărbune la altele. Această variație, diferită ca intensitate și uneori chiar ca sens, face astfel dificilă construirea unei scheme precise de clasificare din punct de vedere energetic a combustibililor solizi. După fiecare caracteristică din analiza tehnică în parte, cărbunii sînt catalogați după cum urmează:

După umiditatea totală (raportată la masa de lucru):

— Foarte umezi $W^1 > 35\%$ [turbele, cărbunii bruni pămîntoși (Pralea), anumite sorturi de lignit (Rovinari, Derna, Tătăruș, Căpeni, Vărghiș)];

— Umezi, $15\% < W^1 < 35\%$ [majoritatea ligniților (Schitu-Goleşti, Filipeştii de Pădure), cărbunii bruni mați (unele mine din bazinul Șorecani, Comăneşti), precum și șlamul de la cărbunii de Valea Jiului];

— Uscați, $W^1 < 15\%$ [huilele, antraciții, cărbunii bruni lucioși și huiloși, semicocsul majorității cărbunilor, mixtele de Valea Jiului].

După cenușă (raportată la masa uscată):

— Cu multă cenușă $A^u > 35\%$ [majoritatea ligniților (Filipeştii de Pădure, Rovinari, Caransebeș), mixtele de Valea Jiului, semicocsul ligniților];

— Cu conținut moderat de cenușă, $15\% < A^u < 35\%$ [turbele, anumiți ligniți (Derna-Tătăruș, Schitu-Goleşti), cărbunii bruni mați și lucioși, cărbunii și șlamul de Valea Jiului, semicocsul huilelor];

— Cu puțină cenușă, $A^u < 10\%$ [cărbunii spălați de Valea Jiului, anumite turbe (Poiana-Stampei, Huedin)].

După conținutul de materii volatile (raportat la masa combustibilă):

— Tineri (reactivi), $M.V. > 45\%$ (turbele și cărbunii bruni);

— Bătrîni, $M.V. < 45\%$, (huilele);

— Antracitoși, $M.V. < 10\%$ (antracitii);

După puterea calorică inferioară (raportată la masa de lucru):

— Superiori, $P_{ci} > 5\,000$ kcal/kg (huilele, cărbunii spălați de Valea Jiului, semicocsul cărbunilor bruni, mați și lucioși).

— Medii — 3 000 kcal/kg $< P_{ci} <$ 5 000 kcal/kg (huilele și cărbunii bruni huiloși, cărbunii de Valea Jiului, cărbunii bruni mați, semicocsul ligniților).

— Inferiori, $P_{ci} <$ 3 000 kcal/kg (ligniții, cărbunii bruni pămîntoși, turbele).

Se observă că membrii aceleiași grupe din clasificarea combustibililor solizi, după însușirile fizico-chimice menționate în analiza tehnică, se plasează diferit atunci cînd sînt clasați după criterii de umiditate, cenușă, materii volatile sau putere calorică.

Experiența a dovedit că, pentru a avea o imagine clară asupra comportării la ardere a combustibililor solizi, luarea în considerare numai a acestor criterii nu este, după părerea noastră, suficientă.

De aceea în ultima vreme au fost propuse o serie de alte criterii, formate din combinația criteriilor menționate. Dintre acestea, de largă răspîndire s-a bucurat în trecut criteriul „balast", care reprezintă suma dintre umiditate și cenușă (raportate la masa de lucru a combustibilului).

$$B = A^1 + W^1\ \%.$$

Din punct de vedere al balastului, cărbunii pot fi împărțiți în trei grupe:

— Cu mult balast $B > 50\%$; (turbele, ligniții, cărbunii bruni pămîntoși, parțial mixtele de Valea Jiului).

— Balast moderat $20\% < B < 50\%$; (huilele și cărbunii bruni huiloși, lucioși și mați, semicocsurile cărbunilor bruni și ale huilelor).

— Cu puțin balast $B < 20\%$; (huilele spălate, antracitul).

Procentul de balast variază însă proporțional cu puterea calorică, deci introducerea acestui nou criteriu nu aduce nimic nou și nu întregește sau adîncește cunoștințele noastre asupra comportării la ardere a cărbunilor.

Mult mai raționale sînt combinațiile de criterii denumite „umiditate raportată" și „cenușă raportată", egale cu raportul dintre umiditate, respectiv cenușă (raportate la masa de lucru exprimate în procente) și puterea calorică inferioară exprimată în 10^3 kcal/kg (P'_{ci})[2], [3].

$$A^{rap} = \frac{A^1}{P'_{ci}};\quad W^{rap} = \frac{W^1}{P'_{ci}};$$

După criteriul umidității raportate, sînt de deosebit trei grupe:

— $W^{rap} > 25\%/10^3$ kcal/kg; (turbele și cărbunii bruni pămîntoși, precum și o parte din ligniți);

— $10\% < W^{rap} < 25\%$; (majoritatea ligniților);

— $W^{rap} < 10\%$; (toate celelalte sorturi de cărbune, cărbunii spălați, mixtele și șlamul de Valea Jiului, semicocsul);

După criteriul cenușii raportate, sînt de deosebit următoarele grupe:

— $A^{rap} > 15\%/10^3$ kcal/kg; [ligniții (Caransebeș, Filipeştii de Pădure), mixtele de Valea Jiului, semicocsul majorității ligniților];

— $7{,}5\ \% < A^{rap} < 15\%$; [majoritatea ligniților (Rovinari, Derna-Tătăruș, Schitu-Goleşti), huilele de Vulcan, semicocsul huilelor];

— $A^{rap} < 7{,}5\%$; (turbele, cărbunii bruni pămîntoși mați și lucioși, șlamul de Valea Jiului).

Criteriile „balast raportat" definit prin relația $B^{rap} = \frac{A^1 + W^1}{M_c}$ și „masă combustibilă" definit prin relația:

$$M_c = \frac{100 - A^1 - W^1}{100}$$

[4] exprimate prin raportul dintre balast (umiditate plus cenușă la masa de lucru și masa combustibilă, sau, în cazul celui de-al doilea, prin raportul dintre masa combustibilă și masa de lucru) sînt practic echivalente cu cele descrise mai sus (vezi tabela 1).

Pentru cercetarea mai intimă a procesului de ardere a fost necesară introducerea unor criterii mai complexe. Din această nouă categorie sînt de menționat două criterii, care ambele au

Caracteristicile energetice ale combustibililor solizi din R.P.R.

Nr. crt.	Cărbunele	Simbol	W^l %	A^u %	P_{ci} kcal/kg	B %	MV^c %	W^{rap}	A^{rap}	B^{rap}	ki	ka	^mVTI	t_1	t_2	t_3
1	Schela	A	1,24	14,10	5642	23,72	2,19	1,99	2,21	31,1	0,196	0,040	0,040	960	1115	1180
2	Lupac	A	2,99	35,86	4755	37,79	6,04	0,63	7,31	60,7	0,596	0,065	0,065	885	1040	1150
3	Secul	H	0,69	50,80	3915	51,12	32,20	0,176	12,9	105,0	1,53	0,476	—	—	—	—
4	Cozla	H	1,21	45,25	4170	45,96	39,51	0,29	10,73	85,0	1,37	0,651	—	1065	1400	1400
5	Ponor	H	1,33	41,50	4159	42,32	33,20	0,32	9,82	88,9	1,09	0,512	—	—	—	—
6	Anina	H	0,78	28,00	5650	28,56	29,80	0,138	4,91	40,0	0,552	0,423	—	—	—	—
7	Doman	H	0,51	15,31	7110	15,75	13,85	0,0717	2,14	18,7	0,210	0,161	—	—	—	—
8	Bigăr	H	0,55	26,21	5794	26,68	17,17	0,0951	4,5	36,3	0,130	0,207	—	970	1285	1320
9	Baia Nouă	H	0,91	42,40	4862	42,81	9,29	0,187	8,62	75,0	0,808	0,103	—	985	1135	1220
10	Petrila	H	3,65	29,60	4794	32,15	43,70	0,762	5,96	47,7	0,748	0,780	1,51	—	—	—
11	Lonea	H	4,88	35,78	4202	38,88	44,20	1,165	8,08	63,6	0,965	0,737	1,40	—	—	—
12	Lupeni	H	2,00	33,35	5147	34,73	42,60	0,39	6,37	52,3	0,875	0,742	1,47	—	—	—
13	Uricani	H	1,76	26,60	5549	27,86	42,60	0,317	4,7	38,6	0,872	0,743	1,45	—	—	—
14	Vulcan	H	2,86	25,40	5519	27,50	42,95	0,519	4,47	37,9	0,600	0,760	—	—	—	—
15	Aninoasa	H	3,83	28,50	4850	31,23	43,20	0,79	5,65	45,5	0,694	0,735	1,49	—	—	—
16	Căpeni	B.A.	53,40	10,98	1733	64,38	52,18	30,08	6,33	180,5	0,657	1,13	0,86	1090	1180	1190
17	Rovinari	B.L.	36,52	36,17	2207	59,44	58,54	16,53	10,35	146,3	1,37	1,42	1,00	1020	1210	1240
18	Boteni	B.L.	29,62	13,68	3619	39,25	55,13	8,2	2,66	64,5	0,353	1,23	—	985	1105	1140
19	Cuceşti	B.L.	33,20	22,35	3049	48,13	60,07	10,89	4,9	93,0	0,720	1,52	—	1065	1140	1190
20	Bîndea	B.L.	30,80	16,82	3404	42,44	55,81	9,05	3,4	73,6	0,157	1,27	—	1090	1160	1175
21	Schitu-Goleşti	B.L.	31,04	22,67	3090	46,65	53,74	10,05	5,05	87,5	0,633	1,16	0,77	1040	1150	1170
22	Berevoeşti	B.L.	30,72	23,87	3045	47,26	52,77	10,08	5,43	88,6	0,665	1,12	—	1115	1145	1210
23	Jugur	B.L.	31,72	24,50	2912	48,45	55,87	10,9	5,75	93,7	0,735	1,26	—	1025	1145	1180
24	Ojasca	B.L.	34,46	34,67	2328	57,18	54,15	14,75	9,75	133,5	1,16	1,18	—	1010	1110	1140
25	Şotînga	B.L.	36,10	31,21	2364	56,71	57,40	15,25	8,72	131,0	1,12	1,35	—	1050	1140	1160
26	Filipeştii de Pădure	B.L.	40,74	43,60	1754	66,58	56,84	23,25	14,70	199,2	1,79	1,31	1,01	1050	1060	1100
27	Ceptura	B.L.	31,34	29,82	2603	51,81	54,76	12,00	7,86	107,5	0,940	1,21	—	995	1100	1148
28	Caransebeş	B.L.	30,78	58,96	1384	71,59	56,60	22,1	29,55	251,0	3,31	1,30	—	980	1420	1520
29	Borsec	B.L.	19,02	32,23	3205	45,12	59,51	5,95	8,14	82,4	1,23	1,54	—	900	1165	1200
30	Sînersig	B.L.	40,51	39,69	1809	64,12	61,09	22,4	13,05	178,5	1,69	1,57	—	1035	1165	1200
31	Valea Neagră	B.L.	29,53	38,78	2455	55,86	55,65	12,03	11,1	126,5	1,36	1,19	—	1015	1170	1270
32	Mehadia	B.L.	15,98	50,07	2313	58,04	53,58	6,92	18,20	138,5	2,16	1,16	—	930	1275	1325
33	Cireşul	B.L.	35,73	17,70	2871	47,11	58,76	12,43	3,97	89,3	5,22	1,42	—	1033	1143	1160
34	Hidişel	B.L.	39,10	28,09	2464	56,21	54,48	15,85	6,94	123,5	0,858	1,20	—	1013	1058	1083
35	Sărmăşag	B.L.	31,78	21,43	3028	46,70	55,75	10,45	4,93	87,8	0,624	1,28	0,9	1105	—	1195
36	Chiejd	B.L.	31,36	17,52	3284	43,39	54,94	5,94	3,67	76,6	0,473	1,22	0,86	1130	—	1215
37	Bobota	B.L.	37,40	20,42	2738	50,11	54,54	13,66	4,65	100,0	0,560	1,19	—	1110	—	1225
38	Cornitel	B.L.	37,59	49,19	1604	68,28	56,83	23,40	19,15	215,0	2,24	1,31	—	980	1085	1130
39	Vărviz	B.L.	39,58	33,77	2033	59,98	53,14	19,50	9,52	150,0	1,09	1,13	—	1030	1100	1130
40	Vărzari	B.L.	38,18	31,21	2149	58,35	52,38	17,80	9,38	140,0	1,01	1,10	—	1015	1125	1160
41	Budoi	B.L.	32,63	32,44	2382	54,48	56,05	13,70	9,17	119,0	1,09	1,27	—	960	1110	1140
42	Borumlaca	B.L.	36,30	22,80	2593	50,82	55,32	14,00	5,61	103,0	0,661	1,24	—	1010	1070	1090
43	Tăuţii de Sus	B.L.	22,48	41,32	2476	54,51	56,48	9,10	12,91	120,0	1,63	1,30	—	930	1400	1400
44	Sighiştel	B.L.	34,32	37,31	2361	58,96	52,52	14,50	10,40	144,0	1,27	1,10	—	845	1115	1190
45	Luna Negreşti	B.M.	23,52	23,52	3539	41,51	50,62	6,65	5,09	71,2	0,624	1,02	—	935	1115	1150
46	Brebi-Cluj	B.M.	7,81	17,26	4448	23,72	40,67	4,52	3,58	31,1	0,352	0,688	—	1000	1060	1150
47	Tebea	B.M.	22,70	18,63	3888	37,10	44,02	5,85	3,70	59,0	0,410	0,798	—	980	1035	1070
48	Vărghiş	B.A.	55,13	29,02	1405	68,15	56,50	39,30	9,28	219,0	0,940	1,30	—	—	—	—
49	Asău	B.M.	14,76	30,41	3751	40,58	47,78	3,94	6,90	68,5	0,833	0,941	—	840	1080	1145
50	Galeon	B.M.	15,58	33,55	3536	43,90	48,58	4,40	8,00	78,2	0,980	0,945	—	1020	1095	1140
51	Leorda	B.M.	18,13	16,58	4398	31,70	48,47	4,13	3,09	46,5	0,386	0,940	—	1000	1050	1110
52	Rafira	B.M.	17,28	18,34	4333	32,44	47,28	4,00	3,50	48,0	0,425	0,895	—	1030	1095	1155
53	Lumina Wagner	B.M.	20,17	20,27	4164	36,35	45,93	4,84	3,88	57,0	0,470	0,850	—	1025	1140	1165
54	Lumina Irina	B.M.	22,16	14,96	4333	33,80	46,20	5,11	2,69	51,0	0,327	0,858	—	1060	1160	1180
55	Lumina Coroban	B.M.	22,27	17,88	4179	36,16	45,50	5,34	3,32	56,5	0,399	0,835	—	1075	1175	1220
56	Şorecani	B.M.	16,74	27,04	3648	39,19	48,14	4,60	6,15	64,4	0,715	0,93	—	1005	1070	1090
57	Codlea-1 Mai	B.M.	12,17	32,19	4082	40,44	45,32	2,98	6,94	67,7	0,870	0,830	—	1005	1400	1400
58	Codlea—Holbav	B.M.	13,84	43,56	4212	51,36	50,00	3,28	8,91	105,0	1,54	1,00	—	985	1400	1400
59	Mîndra Făgăraş	T	57,04	14,24	1525	63,16	62,40	37,40	4,02	171,3	0,307	1,15	—	995	1110	1165
60	Mixte Lupeni	0—10	11	47	3450	55	62,5	3,2	12,8	122,3	2,60	1,65	—	1000	1250	1300
61	Şlam Petrila	0—0,5	28,00	19,5	4150	42	84	6,75	3,4	72,5	0,465	0,95	—	—	—	—

la numitor expresia carbonului fix – Cf, definit prin expresia :

$$Cf = 100 - W^1 - A^1 - MV^1\%$$

Carbonul fix reprezintă, cu oarecare aproximație, reziduul carbonos al combustibilului (după uscare și evacuarea volatilelor), în faza în care acesta a atins temperatura de aproximativ 850°C. Peste această temperatură cantitatea de materii volatile ce se mai degajă din reziduul carbonos este foarte mică și,ca atare, influențează în mică măsură desfășurarea procesului de ardere. Criteriul de aprindere k_a definit prin expresia :

$$k_a = \frac{M.V.}{C_f} = \frac{M.V.}{100 - W_1 - A_1 - MV_1},$$

caracterizează susceptibilitatea aprinderii combustibililor [5]. Din acest punct de vedere se pot distinge trei grupe de cărbuni :

— Cu capacitate redusă de aprindere $ka < 0{,}5$ [antraciții și majoritatea huilelor (Anina, Doman, Ponor)].

— Cu capacitate medie de aprindere $0{,}5 < ka < 1$ [cărbunii bruni mați și lucioși (Șorecani, Comănești) și unele huile (Lupeni)].

— Cu capacitate ridicată de aprindere $ka < 1$. [Unii cărbuni bruni pămîntoși (Căpeni),cărbunii bruni lemnoși (Schitu-Golești, Filipeștii de Pădure, Derna-Tătăruș, Rovinari) și turbele].

Criteriul de intensitate a arderii definit prin relația :

$$k_i = \frac{A_1}{C_f} = \frac{A_1}{100 - W - A_1 - M.V_1},$$

caracterizează intensitatea procesului de ardere propriu-zis, după degajarea umidității și materiilor volatile. Intensitatea procesului de ardere scade cu creșterea criteriului k_i, ajungînd la limită să fie chiar întrerupt. Din acest punct de vedere se pot distinge trei grupe de cărbuni :

— Cu intensitate de ardere ridicată $k_i < 0{,}5$ [turbele, cărbunii bruni lucioși (Comănești)].

— Cu intensitate de ardere medie $0{,}5 < k_i < 1$ [cărbunii bruni mați (Șorecani), pămîntoși-(Căpeni), unii cărbuni bruni lemnoși (Schitu-Golești), huilele și antraciții].

— Cu intensitate de ardere redusă $k_i > 1$, [cărbunii bruni lemnoși (Derna-Tătăruș, Filipeștii de Pădure, Rovinari ș.a.)]. Este de remarcat cu această ocazie lignitul de Filipeștii de Pădure cu o intensitate de ardere extrem de scăzută ($k_i = 1{,}8$).

*

Stabilirea corectă a comportării la ardere și alegerea instalațiilor adecvate arderii combustibililor solizi se poate face, după părerea noastră, în urma unei analize combinate a criteriilor complexe sus-menționate și a unor caracteristici fizice ca : coeficientul de măcinabilitate și temperaturile punctelor caracteristice ale cenușilor cărbunilor respectivi.

Deoarece problemele cele mai dificile în ceea ce privește arderea sînt ridicate de către cărbunii bruni, și în special de către cărbunii bruni lemnoși (ligniții), cu caracteristici specifice, puțin studiate în literatura de specialitate, în cele ce urmează pe baza criteriilor prezentate, se vor analiza particularitățile arderii acestora și modul de reflectare a lor asupra construcției instalațiilor de ardere. Astfel, datorită faptului că majoritatea ligniților au umiditatea raportată situată în gama valorilor medii, nu impun, din acest punct de vedere, măsuri constructive speciale instalațiilor de ardere. În unele cazuri izolate (Căpeni, Rovinari) profilarea corespunzătoare a bolților [6] în cazul arderii lor în strat, sau aplicarea uscării în turnul morii cu gaze de ardere aspirate din focare, în cazul arderii în stare pulverizată, pot înlătura urmările nedorite ale umidității ridicate.

Cele mai dificile probleme le ridică însă conținutul ridicat al cenușii [7]; pentru majoritatea ligniților cenușa raportată capătă valori foarte ridicate. Ca urmare a acestei situații, deși încărcările specifice (kg/m² suprafață de grătar sau kg/m² suprafață de rotor moară) sînt mari, se obțin totuși încărcări termice specifice reduse (kcal/m³ focar sau kcal/m² grătar) [8], [9], [10], [11]. Dificultățile create de conținutul ridicat de cenușă sînt mult accentuate de fuzibilitatea pronunțată a acesteia.

Depășirea temperaturii de înmuiere a cenușii în puncte izolate, în stratul combustibil de pe grătar, conduce la aglutinarea zgurii, la formarea de plăci care înglobează în masa lor păstoasă importante cantități de cărbune nears și în ultimă instanță la periclitarea procesului de ardere [9]. Pentru evitarea acestor dificultăți, la sistemele de ardere în strat este necesară o răscolire intensă a stratului, care să nu permită formarea de nuclee de aglutinarea zgurii, lucru confirmat de cercetările efectuate pe diverse tipuri de grătare.

În cazul în care ligniții se ard în stare pulverizată și în special în instalații de puteri mari, se recomandă trecerea la evacuarea zgurii în stare lichidă sau la o justă organizare a aerodinamicii focarului, în așa fel încît în zona ecranelor, atît temperatura cît și natura mediului să se mențină la valori strict impuse [11].

Valorile ridicate ale criteriului de intensitate a arderii implică folosirea procedeelor de intensificarea arderii pentru a se ajunge la randamente normale ale arderii. În acest sens trebuie aplicate măsuri constructive speciale ca : intensificarea omogenizării amestecului

aer — praf, justa organizare a arzătoarelor, profilarea corespunzătoare a focarului, în cazul arderii ligniților în stare pulverizată și aplicarea unor tipuri de grătare cu schemă dublă de aprindere, speciala profilare a bolților focarului în cazul arderii în strat. La arderea în strat trebuie să se țină seamă de asemenea de faptul că ligniții prezintă un procent mare de praf și o accentuată tendință de degradare (prăfuire), ceea ce duce la mărirea sensibilă a pierderilor prin ardere mecanic incompletă.

În cazul arderii în stare pulverizată, la alegerea instalațiilor de prepararea prafului și la proiectarea lor trebuie să se țină seamă atît de rezistența mare la măcinare — proprietate caracteristică ligniților noștri (coeficientul de măcinabilitate determinat prin metoda V.T.I. variază între 0,7 și 1,2) — cît și de conținutul ridicat de materii volatile (coeficient de aprindere ridicat), care influențează în mod pozitiv procesul de aprindere, permițîndu-se astfel o măcinare mai grosieră față de ceilalți cărbuni cu coeficienți de aprindere coborîți [12], [13], [14].

Din cele arătate mai sus reiese că la stabilirea comportării la ardere a unui combustibil solid trebuie să se facă o analiză concretă luîndu-se în vedere toate criteriile menționate, deoarece numai o astfel de analiză permite alegerea instalațiilor de ardere optime atît din punct de vedere tehnic cît și din punct de vedere economic.

În afară de aceasta, luarea în considerare a criteriilor umiditate raportată și cenușă raportată furnizează interesante date necesare calculelor tehnico-economice de determinare a distanțelor raționale de transport între mina de cărbune și consumator.

Bibliografie

[1] Blum *I.*: *Manualul Inginerului Chimist* vol. V. Ed. Tehnică 1957, pag. 99—110.

[2] T.K.T.I.: *Normi rasciota i proiectirovania pilepri, gotovitelinih ustanovok.* Moscova — Leningrad 1952 pag. 17—22.

[3] Buimovici D.: *Aspecte specifice ale arderii ligniților.* S.C.E. tom. VII. nr. 1 1957, pag. 33—43.

[4] * * *: Aussprache 25—27 sept. 1957. *Erfahrungen mit Braunkohlenfeuerung Abschnitt* 1; Brennstoff Mitteillungen V.G.B. nr. 59 din 1959, pag. 67—73.

[5] Hilt C.: Diregles Politehnic Journal. Chemistry of Coal utilisation, vol. I, New York 1947.

[6] Buimovici D., Westfried Fl.: *Determinarea variației factorilor de formă ai unui focar cu grătar prin metoda modelării opticii.* S.C.E. tom. IX., nr. 1 1959, pag. 21—35.

[7] Gumz W., Kirsch H., Moskowski M. T.: *Schlackenkunde* Springer Verlag, Berlin Göttingen Neidelberg 1958.

[8] Singer G., Nicolescu Tr.: *Încercări de ardere a două sorturi de lignit pe un grătar în trepte.* S.C.E. tom. VII, nr. 4, 1957, pag. 777—782.

[9] Buimovici D., Cazacu C.: *Arderea ligniților din R.P.R. în strat liniștit și strat răscolit.* S.C.E. tom. VII, nr. 1, 1957, pag. 7—21.

[10] Buimovici D., Cazacu C., Pănoiu N.: *Arderea ligniților din RPR pe grătarul cu împingere răsturnată.* S.C.E. tom. VII, nr. 1, 1957, pag. 21—33.

[11] Pănoiu N., Carabogdan I., Cazacu C.: *Aspecte ale măcinării ligniților în mori cu ciocane.* S.C.E. tom. VIII, nr. 3, 1958, pag. 337—347.

[12] Curelaru Al: *Prepararea și arderea prafului cu granulație mare provenit din măcinarea cărbunilor inferiori din R.P.R.* Energetică A.S.I.T. tom. VII, nr. 2, 1959, pag. 65 — 71.

[13] Carabogdan I.: *Măcinabilitatea unor cărbuni din R.P.R.* S.C.E. tom. IX, nr. 3, 1959, pag. 529—531.

[14] Pănoiu N., Carabogdan I., Singer G.: *Unele probleme ale măcinării ligniților cu ajutorul moriiventilator.* S.C.E. tom. IX, nr. 4, 1959, pag. 593—601.

Tratarea neutrului în sistemul 35 kV, Hunedoara

Ing. *IOAN HAȚEGANU*

Dezvoltarea rapidă a energeticii țării noastre în anii de democrație populară a dus la crearea în regiunea Hunedoara a unui sistem electric de 35 kV, avînd o lungime de 230 km.

Din punctul de vedere al tratării neutrului, în funcționarea sistemului de 35 kV Hunedoara se disting două etape,

a) funcționarea sistemului cu neutrul izolat,

b) funcționarea sistemului cu neutrul legat la pămînt printr-o bobină de stingere tip ZROM 550/35 kV, montată în stația G la izolatorul de nul al transformatorului II (fig. 1).

Perioada *a*, cuprinsă între anii 1954 și 1956, se caracterizează prin avarii numeroase cauzate de funcționarea sistemului cu neutrul izolat.

Este cunoscut faptul că într-un sistem electric cu neutrul izolat, punerea la pămînt a unei faze nu perturbează funcționarea consumatorilor, tensiunile compuse rămînînd simetrice.

Tabela 1

Numărul de puneri la pămînt înregistrat.	Timpul de funcționare cu punere la pămînt în minute	Scurtcircuitul în care s-a transformat	Tipul avariei
4	1	bifazic p.p.	de sistem
1	2	—„—	—„—
3	5	—„—	—„—
1	10	trifazice p.p.	—„—
1	30	bifazic p.p.	

Totuși această funcționare este periculoasă, întrucît pot apărea supratensiuni periculoase pe celelalte faze (în rețelele de 35 kV această probabilitate este mărită în cazul unui curent

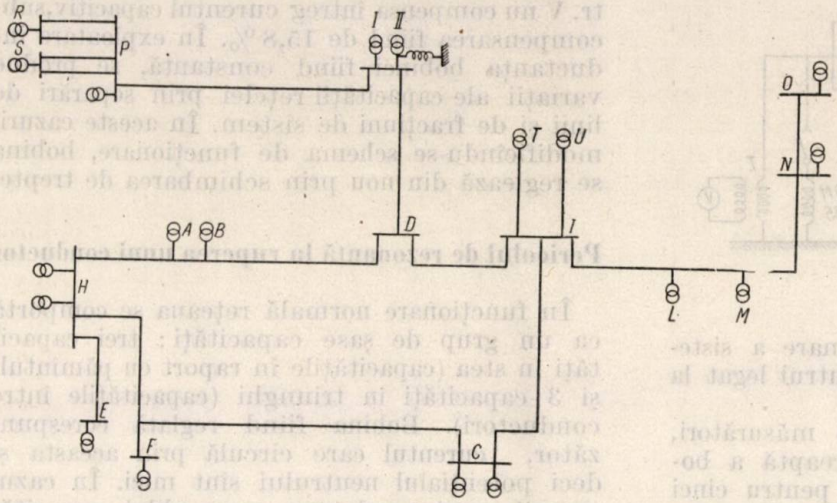


Fig. 1

de punere la pămînt 5A) ce pot ajunge pînă la valoarea de 3 Uf.

Rezultă că după o funcționare scurtă cuprinsă între 1—30 minute cu punere la pămînt, supratensiunile prelungite care au luat naștere pe fazele sănătoase au determinat străpungerea izolației și producerea unor avarii grave de sistem.

Perioada cuprinsă între anii 1957 și 1958 se caracterizează prin funcționarea sistemului cu neutrul tratat printr-o bobină de stingere sovietică de 13,5 — 27,1 A montată la nulul trafo T II din stația *G*.

Pe treapta maximă (*v*) a bobinei , sistemul funcționează subcompensat cu 15%.

Tratarea neutrului prin această bobină de stingere a îmbunătățit mult funcționarea sistemului de 35 kV.

Se știe că într-un sistem cu neutrul tratat printr-o bobină de stingere curentul care trece prin locul de punere la pămînt este egal cu $\overline{Ic} + \overline{Ii}$ (neglijînd curentul activ, care este foarte mic). Aici:

Ic este curentul capacitiv al rețelei,

Ii — curentul care trece prin bobină în perioada unei puneri la pămînt.

Dat fiind că cei doi curenți au sens opus, prin locul de punere la pămînt nu trece decît diferența dintre ei.

Statistica avariilor produse în sistemul 35 kV Hunedoara în perioada 1957—1958 (sistemul avînd neutrul tratat prin bobina de stingere) ilustrează funcționarea îmbogățită.

În această perioadă s-a înregistrat un număr de 9 puneri la pămînt produse prin căderea la pămînt a unui conductor sau străpungerea izolației.

Din cele 9 puneri la pămînt, 7 au fost depistate și numai două din acestea s-au transformat în scurtcircuite bifazice în timpul manevrelor (tabela 2). Condițiile în care s-au produs ambele scurtcircuite bifazice sînt următoarele : după semnalizarea punerii la pămînt sistemul s-a separat în punctul *D*, în două fracțiuni prin linia spre stația *G* (fig. 1.). Prin această manevră punerea la pămînt a rămas în porțiunea de sistem fără bobină de stingere și avînd un curent $Ic = 18$ A. Au luat naștere în aceste condiții supratensiuni care au determinat străpungerea izolației pe una din fazele sănătoase și deci scurtcircuit bifazic cu punere la pămînt.

Făcînd o comparație între cele două tabele, rezultă eficacitatea tratării neutrului prin bobine de stingere.

Tabela 2

Numărul de puneri la pămînt înregistrat.	Timp de funcț. cu punere la pămînt în minute.	Scurtcircuitul în care s-a transformat.	Tipul avariei
1	5	s-a depistat	locală
1	7	bifazic	de sistem
1	12	s-a depistat	locală
1	19	bifazic	de sistem
1	25	s-a depistat	locală
1	26	—„—	—„—
1	30	—„—	—„—
1	34	—„—	—„—
1	50	—„—	—„—

Inconvenientele în exploatare (ale bobinei)

Reglajul bobinei

Reglajul bobinei de stingere comportă o deosebită atenție datorită neplăcerilor care apar în exploatare în cazul unui reglaj defectuos. Se știe că rețelele aeriene nu sînt perfect simetrice. Funcționînd cu neutrul izolat se poate observa din această cauză o deplasare a punctului neutru față de potențialul „zero". Legarea la neutrul unei astfel de rețele a bobinei de stingere mărește deplasarea punctului neutru, dezechilibrînd tensiunile de fază. Deplasarea maximă a neutrului se obține în momentul cînd bobina de stingere este acordată în rezonanță cu capacitatea rețelei. La un dezacord redus al bobinei deplasarea neutrului scade foarte mult. Acest fenomen s-a putut observa la punerea în funcțiune a bobinei. Pentru reglajul bobinei s-a realizat schema din fig. 2. S-au folosit și transformatoarele de

măsură din stația G, legîndu-se un voltmetru în triunghiul deschis al lor.

Menținîndu-se rețeaua constantă s-au făcut măsurători cu ajutorul reductorului de tensiune în două ipoteze de funcționare a sistemului: cu neutrul izolat și cu neutrul legat la pămînt prin bobină de stingere.

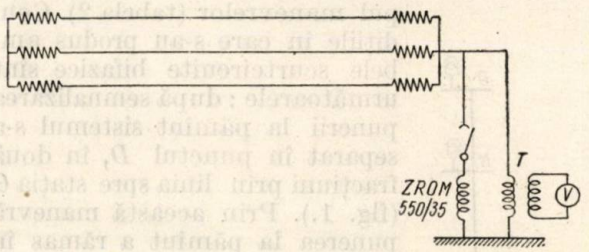


Fig. 2

În ipoteza II s-au efectuat 5 măsurători, cîte o măsurătoare de fiecare treaptă a bobinei. S-au repetat măsurătorile pentru cinci scheme diferite de funcționare a sistemului (schemele diferind între ele prin lungimea rețelelor). În fig. 3 se poate observa variația potențialului punctului neutru, funcție de inductanța bobinei de stingere, menținînd caracteristicile rețelei constante.

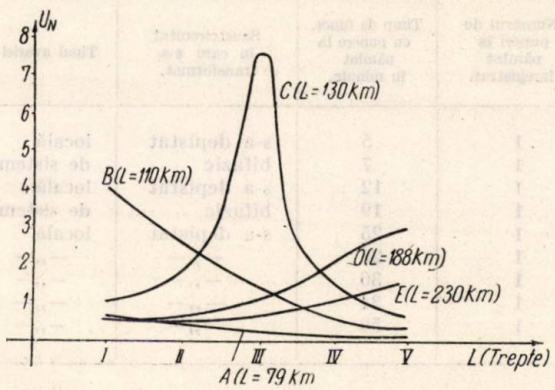


Fig. 3

În tabela 3 se poate observa și dezechilibrul tensiunilor de fază pentru $l = 130$ km.

Se observă deci că la L rețea $= 130$ km funcționînd cu bobina pe treapta III, potențialul neutrului atinge valoarea de 7,6 kV, ceea ce denotă că ne găseam foarte aproape de rezonanță. Pentru evitarea acestui fenomen, bobina se reglează pentru ca sistemul să funcționeze supracompensat ($I_i > Ic$) cu 15—20%. În cazul nostru bobina funcționînd pe tr. V nu compensa întreg curentul capacitiv, subcompensarea fiind de 15,8%. În exploatare inductanța bobinei fiind constantă, se produc variații ale capacității rețelei prin separări de linii și de fracțiuni de sistem. În aceste cazuri, modificîndu-se schema de funcționare, bobina se reglează din nou prin schimbarea de trepte.

Pericolul de rezonanță la ruperea unui conductor

În funcționare normală rețeaua se comportă ca un grup de șase capacități: trei capacități în stea (capacitățile în raport cu pămîntul) și 3 capacități în triunghi (capacitățile între conductori). Bobina fiind reglată corespunzător, curentul care circulă prin aceasta și deci potențialul neutrului sînt mici. În cazul ruperii unui conductor, ansamblul capacităților rețelei se dezechilibrează, inductanța bobinei putîndu-se găsi în rezonanță cu capacitatea rezultantă a rețelei pentru frecvența fundamentală și ca urmare vom avea o semnalizare eronată de punere la pămînt a unei faze.

Se expune mai jos funcționarea rețelei în acest caz.

Fie rețeaua din fig. 4.

Se presupune conductorul A, rupt în punctul P, fără a fi în legătură cu pămîntul.

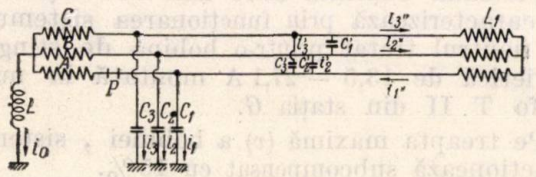


Fig. 4

Există în acest caz 3 circuite: un circuit principal cuprinzînd fazele 2 și 3 cu capacitățile C_2 și C_3. Al doilea circuit care cuprinde capacitățile C'_2 și C'_3 ale celor 2 faze sănătoase în raport cu faza 1 și în serie cu capacitatea C_1. Al treilea circuit cuprinzînd curenți I''_2 și I''_3 care trec prin fazele 2 și 3 ale transf. II.

Tabela 3

Conexiuni Treapta	Neutrul izolat						Neutrul pus la pămînt prin bobină						Potențialul neutrului	
	Tens. comp. în kV,			Tens. de fază în kV,			Tens. comp. în uv			Tens. de fază în ω			Fără bob. kV	cu bob. kV,
	UAB	UBC	UCA	UAo	UBo	UCo	UAB	UBc	UCA	UAo	UBo	UCo		
	35,7	35,7	35,7	20,1	20,3	20,1	—	—	—	—	—	—	0,19	—
I	—	—	—	—	—	—	35,7	35,7	35,7	20,1	21,3	19,9	—	0,98
II	—	—	—	—	—	—	35,7	35,7	35,7	20,1	21,8	19,9	—	1,61
III	—	—	—	—	—	—	35,7	35,7	35,7	25,8	23,8	13,1	—	7,6
IV	—	—	—	—	—	—	35,7	35,7	35,7	21,	18,9	21,3	—	1,47
V	—	—	—	—	—	—	35,7	35,7	35,7	25,3	19,6	20,6	—	0,63

Se presupun următoarele :

$$C_1 = C_2 = C_3 = C$$

$$C'_1 = C'_2 = C'_3 = C'$$

Scriind diferențele de potențial între fazele 2 și 3 și pămînt, se obține :

$$j L\omega \bar{I}_0 + \bar{E}_2 - j l\omega (\bar{I}_2 + \bar{I}'_2 + \bar{I}''_2) = -\frac{j}{c\omega} \bar{I}_2 =$$

$$= -\frac{j}{c'\omega} \bar{I}'_2 - \frac{j}{c\omega} \bar{I}_1 = j L_1 \omega \bar{I}''_2 + j L_1 \omega \bar{I}''_1 - \frac{j}{c\omega} \bar{I}_1 \quad (1)$$

$$j L\omega \bar{I}_0 + \bar{E}_3 - j l\omega (\bar{I}_3 + \bar{I}'_3 + \bar{I}''_3) = -\frac{j}{c\omega} \bar{I}_3 =$$

$$= -\frac{j}{c'\omega} \bar{I}'_3 - \frac{j}{c\omega} \bar{I}_1 = j L_1 \omega \bar{I}''_3 + j L_1 \omega \bar{I}''_3 +$$

$$+ j L_1 \omega \bar{I}''_1 - \frac{j}{c\omega} \bar{I}_1 \quad (2)$$

$$\bar{I}_0 + \bar{I}_1 + \bar{I}_2 + \bar{I}_3 = 0. \quad (3)$$

$$\bar{E}_1 + \bar{E}_2 + \bar{E}_3 = 0 \quad (4)$$

$$\bar{I}''_1 = \bar{I}''_2 + \bar{I}''_3 \quad (5)$$

$$\bar{I}_1 = \bar{I}'_2 + \bar{I}'_3 + \bar{I}''_1 \quad (6)$$

unde l = inductanța liniei și L, inductanța pe fază a transformatorului II.

Adunînd primele 2 ecuații și separînd rezultatele, se obține :

$$j\left[(2L + l)\,\omega - \frac{1}{c\omega}\right] \bar{I}_0 - \bar{E}_1 = \frac{j}{c\omega} \bar{I}_1 \quad (6')$$

$$-\frac{1}{c'\omega} (\bar{I}_1 - \bar{I}''_1) = 3 L_1 \omega \bar{I}''_1 \quad (7)$$

$$\frac{1}{c} (\bar{I}_0 + \bar{I}_1) = -\frac{\bar{I}_1 - \bar{I}''_1}{c'} - \frac{2\bar{I}_1}{c} \quad (8)$$

Ecuația (7) se mai poate scrie sub forma

$$\frac{\bar{I}''_1}{\bar{I}_1} = -\frac{1}{3 L_1 c' \omega^2} \quad \text{unde } \bar{I}'_1 = \bar{I}_1 - \bar{I}''_1 = \bar{I}'_2 + \bar{I}'_3$$

Dacă condiția $3\,L_1\,C'\,\omega^2 = 1$ este realizată, ar fi rezonanță între capacitatea C' și inductanța $3\,L_1$. Cei doi curenți I'_1 și I''_1 fiind egali și opuși, suma lor ar fi nulă. Combinația C' și $3\,L_1$ ar constitui în acest caz un bușon pentru frecvența de 50 per/s, curentul I_1 ar fi nul și totul s-ar petrece ca și cum capacitatea C_1 nu ar exista.

Din ecuația 7 se obține,

$$\bar{I}''_1 = \frac{\bar{I}_1}{1 - 3 L_1 c' \omega^2} .$$

Înlocuind în ecuația (6') pe I dedus din (8) unde am folosit expresia găsită pentru I''_1

$$\bar{I}_0 = -j \frac{\bar{E}_1}{2(L + l)\,\omega - \frac{1}{3\omega c} \cdot \frac{2 - 3 L_1 (2c' + c)\,\omega^2}{1 - L_1 (3c' + c)\,\omega^2}} .$$

Împărțind cu 2 și notînd cu $\frac{1}{cr\omega}$ termenul al doilea de la numitor împărțit cu 2, se obține :

$$\bar{I}_0 = -j \frac{\frac{\bar{E}_1}{2}}{\left(L + \frac{l}{2}\right)\omega - \frac{1}{c_r \omega}} .$$

Rezultatul e echivalent cu cel ce s-ar obține dacă am avea f.e.m. $\frac{E_1}{2}$, lucrînd asupra unui circuit cuprinzînd o inductanță $L + \frac{1}{2}$ și o capacitate C_r .

Rezonanța bobinei Petersen ar fi deci obținută pentru reactanța $L\omega = \frac{1}{c_r \omega} - \frac{ln}{2}$.

Pericolul de rezonanță este mare la sistemele subcompensate, întrucît capacitatea sistemului se micșorează la ruperea unui conductor.

Funcționîndu-se cu întreg sistemul Hunedoara 230 km, subcompensat cu 30%, la ruperea unui conductor în punctul D pe linia înspre stația I în sala de comandă a stației D, la voltmetrele de fază s-au citit următoarele tensiuni stelate : $U_A < 10$ kV ; $U_B > 38$ kV, $U_C = 32$ kV.

Bibliografie

[1] Baptidanov: *Echipamentul electric al centrelor și stațiilor.*

[2] Manduit: *Instalations electriques à haute et basse tension.*

[3] Rudenberg: *Fenomene tranzitorii în sistemele electroenergetice.*

[4] Antoniu: *Chestiuni speciale de electrotehnică.*

Îmbunătățirea arderii gazelor în centralele electrice: realizări și propuneri

Ing. *C. DINULESCU*
(I.R.M.E.)

Cantitățile de gaze ce se ard în centralele electrice sînt așa de mari, încît o ameliorare a randamentului arderii numai cu 1% (fie prin reducerea excesului de aer, fie prin suprimarea totală a nearselor) ar conduce la economii de cca. 1 000 000 lei/an numai în cele trei centrale : Fîntînele, Borzești și Paroșeni ; evaluate la prețul combustibilului convențional, aceste economii ar apare, evident, și mai importante.

Îmbunătățirile realizate în ultimii 2 ani la aceste centrale prin simple modificări ale arzătoarelor au adus economii de ordinul cifrei de mai sus. Totuși, nu se poate spune că, cu modificările aduse, s-au epuizat toate posibilitățile de ameliorare a arderii și deci, dată fiind marea importanță a economiilor realizabile, trebuie continuate încercările începute.

Examinată mai de aproape, situația este următoarea :

1. În centralele noi

În primii ani de exploatare, deși se cunoștea influența hotărîtoare a calității amestecului asupra calității arderii, totuși, necunoscîndu-se suficient legile care asigură un bun amestec, rezultatele nu erau prea mulțumitoare : nu se putea obține o ardere perfectă (% de nearse zero) la un exces de aer mic.

Studiind mai bine legile amestecului [1] și făcînd o serie de încercări în centralele Fîntînele, Borzești și Paroșeni s-a ajuns la tipuri de arzătoare foarte simple, care — pe lîngă faptul că rezolvau unele probleme locale — soluționau și problema arderii complete cu excese de aer mai reduse.

La ultimele tipuri de arzătoare încercate în centralele Fîntînele și Borzești, unde ambrazurile au lățimea de ordinul 300 mm, s-a ajuns la duze cu diametrul de 25 mm și cu viteza gazelor la plină sarcină de ordinul 130 m/s.

Tipul de arzător aplicat la Paroșeni, unde trebuia să se mențină și arderea prafului de cărbune, a fost descris într-un număr anterior [2].

Rezultatele obținute, apreciate cu analizatoarele electrice ale cazanelor, sînt mulțumitoare. Verificări mai exacte prin analizatoare chimice sau combinate nu au fost posibile pînă acum, fie din lipsa aparatelor respective, fie din cauza stării în care se găseau cele existente ; în special % foarte mici de hidrocarburi nearse nu puteau fi detectate sau măsurate corect.

Excesul de aer n măsurat la ieșirea din cazane este de ordinul 1,35, căruia îi corespunde cca. 1,20 în zona după supraîncălzitor.

O reducere și mai departe a excesului de aer este realizabilă recurgînd la mijloace noi de desăvîrșire a amestecului înainte de intrarea în camera de ardere.

Un mijloc simplu, ușor realizabil din punct de vedere constructiv, este crearea în ambrazură a unui regim de scurgere turbionar.

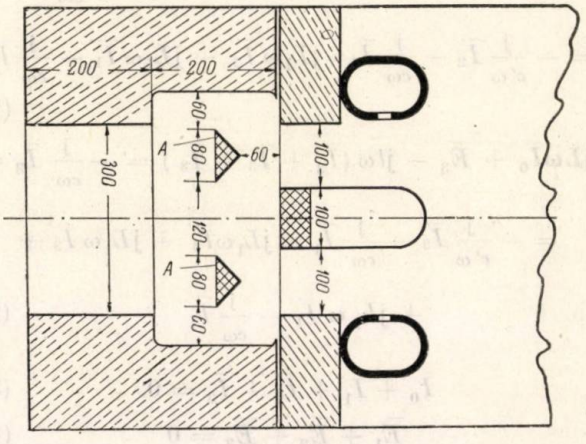


Fig. 1 a

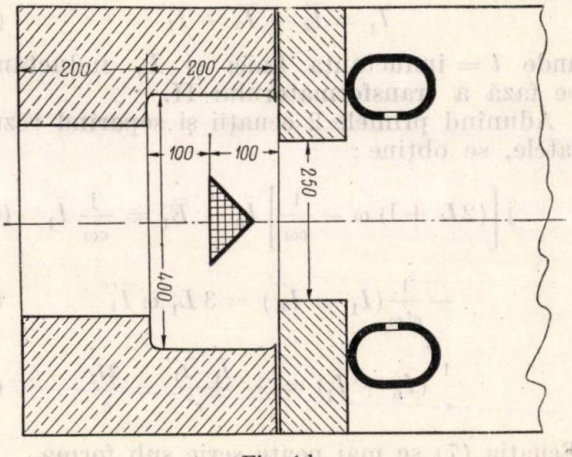


Fig. 1 b

În fig. 1, *a* este arătat modul cum s-ar putea obține acest deziderat în cazul ambrazurilor cazanelor din centrala Fîntînele. Prin intercalarea celor 2 coloane *A*, se creează, atît în fața acestora cît și în spatele lor, zone de mișcare dezordonată, în care vinele de gaze și de aer se amestecă complet. Evident, acest efect se capătă cu prețul creșterii presiunii de aer la intrarea în ambrazură, respectiv a unei ușoare creșteri a consumului de energie a ventilatoarelor de aer. Practic însă, acestea dispun întotdeauna de rezerve de presiune și de putere în electromotoare și deci inconvenientul semnalat nu are consecințe.

În fig. 1, *b* este arătată o variantă constructivă, mai simplă, cu un efect de turbionare mai redus, care ar putea totuși să fie suficient.

Experimentarea unor astfel de tipuri montate direct pe cazane ar fi greoaie și uneori și nesigură, din cauza influenței diverșilor factori ce nu sînt în directă legătură cu proprietățile arzătorului.

Calea normală și cea mai expeditivă ar fi, evident, aceea a încercării pe o cameră experi-

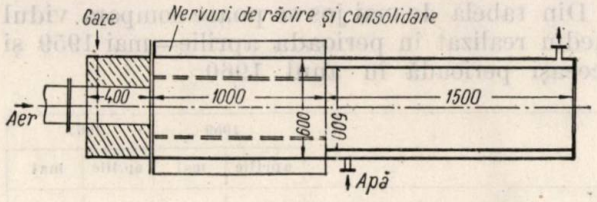


Fig. 2.

mentală, care trebuie să conțină o ambrazură și o cameră de ardere propriu-zisă și să îndeplinească următoarele condiții:

a) să reproducă fidel condițiile de amestec ale arzătorului cercetat;

b) să asigure etanșeitatea perfectă a camerii;

c) să permită analizarea foarte exactă a gazelor de ardere.

În fig. 2 este schițată o astfel de cameră. În interiorul camerii de ardere este prevăzută o cămașă de răcire cu apă, avînd următoarele scopuri:

— realizarea în cameră a unei temperaturi apropiată de cea reală în focarul cazanului;

— prevenirea sau limitarea fenomenului de disociere a CO_2 la temperatură foarte înaltă.

Temperatura gazelor arse la ieșirea din cameră fiind foarte ridicată (de ordinul 1300°C), înseamnă că ea nu poate fi montată decît în exterior sau într-o sală mare.

Pentru asigurarea vitezei relativ ridicate a aerului în ambrazură, este nevoie fie de racordarea la canalul de aer a unui cazan, fie de montarea unui mic ventilator.

O astfel de cameră ar trebui să fie instalată fie într-una din centralele Fîntînele sau Cîmpina, fie la Institutul de Cercetări și ea ar putea servi atît la controlul și îmbunătățirea arzătoarelor existente, cît și la cercetarea arzătoarelor proiectate pentru cazanele din centralele în construcții.

Instrumentele de măsură necesare cercetărilor sînt următoarele:

a) un manometru diferențial de precizie industrială, pentru măsurarea debitului de gaze;

b) un analizator electric de CO_2 cu indicații instantanee;

c) idem pentru $CO + H_2$;

d) o instalație completă și de mare precizie, de tipul celor descrise în [3, 4] sau asemănătoare, cu care să se poată determina foarte exact excesul de aer și procentul de nearse (CO și hidrocarburi).

Modul de lucru cu camera experimentală pentru încercarea unui tip de arzător ar trebui să fie următorul:

1. Cu ajutorul analizatoarelor electrice să se stabilească aproximativ regimul optim de ardere.

2. Să se reducă treptat aerul și să se analizeze gazele de ardere cu instalația specială.

3. Să se modifice, dacă e nevoie, elementele ambrazurii, pînă cînd prin încercări succesive se ajunge la un exces de aer $n = 1{,}05$, pierderile prin nearse trebuind să fie în mod continuu zero.

II. În centralele vechi

În majoritatea cazurilor, situația este rea: se lucrează cu excese de aer foarte ridicate, ajungînd pînă la 2 (la ieșirea din cazan), și uneori nici acest exces de aer așa de ridicat nu exclude prezența nearselor.

Încercările de ameliorare sînt sporadice și nesistematice. Este drept că pătrunderile false importante de aer, atît în camera de ardere cît și în suprafețele posterioare, fac imposibilă stabilirea măsurii exacte în care arzătoarele sînt necorespunzătoare.

În general, arzătoarele instalate la cazanele vechi suferă de următorul neajuns: cazanele neavînd ventilatoare de aer, secțiunea de trecere a aerului prin arzător este relativ mare, iar viteza este relativ mică, ceea ce agravează condițiile de amestec.

Pentru remedierea situației ar trebui să se examineze teoretic fiecare tip din punct de vedere al condițiilor de amestec, iar cele folosite la cazane mai mari să fie eventual controlate la camera de ardere experimentală.

III. Concluzii

În centralele noi, deși s-au realizat îmbunătățiri însemnate, situația poate fi încă ameliorată prin introducerea de tipuri noi de arzătoare concepute pentru amestecarea perfectă a aerului și gazului în ambrazură.

Pentru cercetarea sigură și comodă a noilor tipuri de arzătoare este necesară crearea unei camere de ardere experimentală și procurarea unei instalații pentru analiza completă și foarte exactă a gazelor de ardere.

În centralele vechi, deși situația nu este în ordine, preocupările de îndreptare sînt sporadice și nesistematizate; oportunitatea înlocuirii arzătoarelor vechi trebuie examinată de la caz la caz, după importanța consumului de gaze și după complicațiile de înlocuire.

Bibliografie

[1] Ivanov I. V.: *Calculul arzătoarelor combinate de gaze și de praf.* Teploenerghetica nr. 11 (1958).

[2] Dinulescu C.: *Introducerea arderii gazelor în ambrazurile arzătoarelor de cărbune pulverizat.* Energetica nr. 11 (1959).

[3] Miculina N.V.: *Determinarea componenților arderii incomplete.* Teploenerghetica nr. 6 (1959).

[4] Avdeeva A.A.: *Analiza produselor arderii prin metoda cromatografică.* Teploenerghetica nr. 8 (1959).

Rezultatele exploatării economice a CTE Paroșeni în anul 1960

Centrala termoelectrică Paroșeni este una din construcțiile de seamă ridicate în cadrul planului de electrificare de 10 ani.

Înzestrată cu agregate de cazan de 230 t/h, p=110 ata și t=510°C și turboagregate VK—50, centrala Paroșeni a adus o contribuție de seamă la realizarea înainte de termen a prevederilor planului de electrificare.

Directivele celui de al III-lea Congres al PMR prevăd sarcini deosebit de mobilizatoare pentru sectorul energetic.

În cadrul celor 2380 MW care se vor instala în perioada 1960—1965 se va dezvolta și centrala Paroșeni ajungînd de la 150 MW la 300 MW putere instalată.

Însuflețiți de întrecerea socialistă care se desfășoară în întreaga țară pentru reducerea consumurilor specifice și a prețului de cost, colectivul centralei depune eforturi susținute pentru a realiza și depăși angajamentele luate, respectiv de a da economiei naționale 1 700 000 lei economii și beneficii peste plan.

Față de consumul specific planificat pentru trim. IV.1959 de 426,5 g.cc/kWh pentru anul 1960 s-a planificat un consum specific de 410 g.cc/kWh.

Realizarea și reducerea acestui consum specific presupun luarea unor măsuri multiple din partea colectivului.

1. În cursul primelor 5 luni ale anului 1960 s-a realizat un consum specific de 406 g.cc/Wh economisind cca 1700 tone combustibil convențional.

Aceste rezultate au fost posibile datorită muncii depuse pentru:

— obținerea unui vid îmbunătățit la turbine

— reducerea pierderilor de condensat și căldură

— menținerea parametrilor (temperatură, presiune, etc.) optimi la cazane și turbine

— alte măsuri.

Se pot evidenția următoarele măsuri mai importante:

a. S-au accelerat lucrările de investiții pentru darea parțială în funcțiune a captării principale. Datorită unei munci susținute depuse de TCME în urma analizelor multiple făcute cu beneficiarul și ISPE s-a reușit ca la 1.04.a.c. — cu 5 luni înainte de termen — să se pună în funcțiune parțială captarea principală. În felul acesta s-a trecut la funcționarea mixtă a circuitului hidrotehnic, ceea ce a permis atît oprirea a două pompe de circulație, respectiv cca 850 kW cît și obținerea unui vid mai bun.

Din tabela de mai jos se poate compara vidul mediu realizat în perioada aprilie—mai 1959 și aceeași perioadă în anul 1960.

	1959		1960	
	aprilie	mai	aprilie	mai
Vid mediu realizat în %	93,6	92,8	94,6	95,4

b. Curățirea turnurilor de răcire nr. 1 și nr. 2 care erau îmbîcsite cu șlam de cărbune.

În urma trecerii la funcționarea în circuit mixt a fost posibilă oprirea pe rînd a turnurilor de răcire și curățirea lor mecanizată prin jet de apă sub presiune.

În felul acesta prin golirea turnurilor în primul trimestru al acestui an s-au eliminat din cuvele celor două turnuri cca 5 000 tone șlam de cărbune.

De menționat că acest cărbune a fost recuperat într-un decantor improvizat evitîndu-se aruncarea lui în Jiu (așa cum prevedea proiectul).

Valorificarea acestui cărbune — care se face după uscarea lui și transportarea în depozitul de cărbune — constituie un mijloc de a realiza beneficii peste plan de cca 350 000—400 000 lei.

Curățirea jghiaburilor (care se face periodic) cît și a cuvelor turnurilor de răcire a dus la o mărire a eficacității de răcire a turnurilor cu 4°.

c. Obținerea unui vid îmbunătățit la turbine se datorește și faptului că anul acesta se merge mai consecvent pe linia curățirii periodice a condensatoarelor. Arătăm că pentru această operație s-au folosit întotdeauna descărcările dictate de dispecer în cadrul golurilor de sarcină din sistem.

Față de anul 1959 cînd vidul mediu realizat în primele 5 luni a fost de 93,6%, anul acesta vidul mediu realizat (la aceeași sarcină) este de 94,9%.

d. Reducerea pierderilor de condensat a fost și a rămas o preocupare de seamă a colectivului. Din fig. 1 se vede variația procentajului apei de adaos din anul 1956 și pînă în luna mai a.c. Se vede că acest indice a scăzut vertiginos de la 8,87 în 1957 la 2,03% în 1960.

Rezultatele obținute în reducerea pierderiior de condensat se datoresc aplicării unui număr mare de măsuri tehnico-organizatorice ca: modificarea separațiilor în tamburii cazanelor, oprirea în rezervă rece a instalației de reducere-răcire 100/15/8 și punerea în funcțiune a instalației de reducere de la tamburii cazanelor,

modificarea injectoarelor de păcură la cazane, evitînd pierderile de abur în focar, suprimarea unor drenaje de apă și abur inutile și altele.

Terminarea acțiunii de montare a izolațiilor demontabile la flanșe și armături și începerea acțiunii de îmbrăcare a izolației conductelor

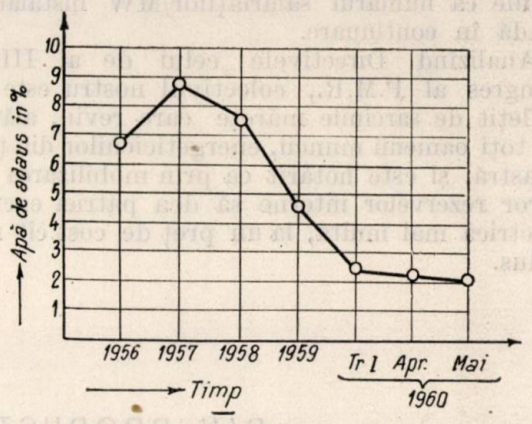


Fig. 1. Apă de adaos realizată la T.C. Paroșeni.

în tolă de aluminiu de 0,5 mm au condus la reducerea pierderilor de căldură prin aceste elemente.

Această măsură a mărit și gradul de siguranță a armăturilor și flanșelor și a micșorat cheltuielile de întreținere a izolației conductelor (reparații, vopsitorii).

e. Măsura de suprimare a flanșelor de la sistemul de vid a dus la micșorarea vitezei de cădere a vidului.

Astfel numai la TA-1 prin suprimarea unor flanșe viteza de cădere a vidului a scăzut de la 12 mm. col Hg/minut la 4 mm. col Hg/minut.

Această măsură, care s-a extins și la alte flanșe de la conductele de medie și înaltă presiune, a mărit siguranța de funcționare a agregatului.

f. Un aport deosebit în reducerea consumului specific l-a adus și îl aduce menținerea parametrilor din proiect la cazane și turbine, exploatarea corectă a agregatelor auxiliare, a automatizărilor și altele.

În tabela de mai jos se arată presiunea și temperatura medie realizate la cazane și turbine în cursul primelor 5 luni

	U/M	Parametrii medii realizați în 1960 la turbine		
		Trim.I.1960	aprilie	mai
temperatură	g. C.	499,8	499,7	499,8
presiune	at.	89,3	90,2	89,9

2. Centrala termoelectrică Paroșeni a realizat în cursul celor 5 luni un consum propriu tehnologic de 8,43% față de 9,25% planificat pe anul 1960.

Prin reducerea consumului propriu numai pînă la 1 mai s-au economisit cca 2 000 000 kWh.

Aceste realizări au fost posibile datorită exploatării raționale a agregatelor auxiliare în funcție de sarcină, intrării parțiale în funcțiune a aducțiunii principale și a altor măsuri.

Avînd în vedere realizările de pînă acum și posibilitatea de reducere a acestei norme, s-a cerut reducerea normei de consum propriu tehnologic pe trim. III și IV.

3. Reducerea termenului de reparații la agregate a constituit o preocupare importantă a colectivului în timpul celor 4 ani de exploatare.

Din fig. 2 reiese timpul mediu realizat la reparațiile mijlocii ale cazanelor și turbinelor în perioada 1957—1959.

În anul acesta colectivul nostru s-a angajat a reduce termenul de reparații cu aproape 12%, punînd la dispoziția sistemului energetic 450 MW zile.

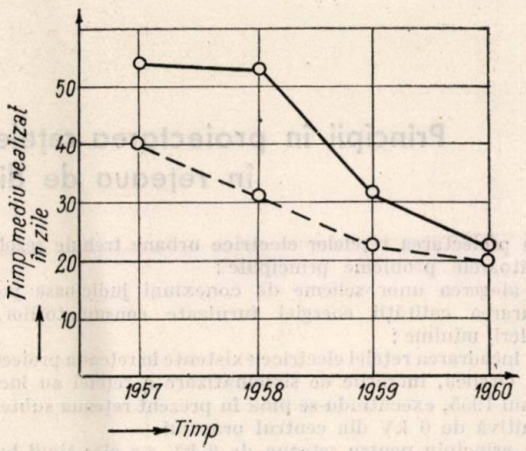


Fig. 2. Timp mediu realizat pentru reparații:
——— cazane; – – – – turbine.

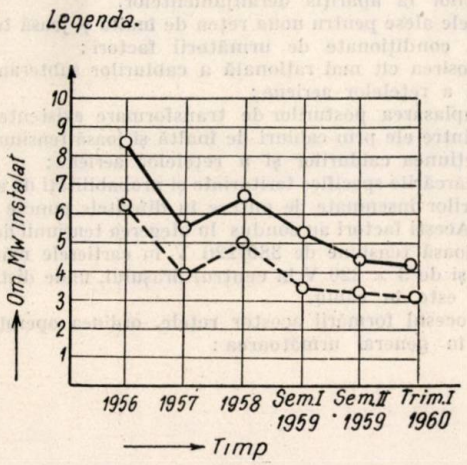


Fig. 3. Productivitatea muncii realizată la T. C. Paroșeni
——— total angajați; – – – – muncitori.

Pentru realizarea acestui angajament există toate condițiile deoarece:

a) Toate agregatele auxiliare ale agregatelor de bază (cazan, turbină) au fost reparate

cu agregatul în funcțiune în golurile de sarcină.

b) S-au făcut pregătirile necesare de materiale, piese de schimb, dispozitive.

c) S-au organizat reparațiile în mai multe schimburi.

4. Productivitatea muncii la Termocentrala Paroșeni a cunoscut o continuă creștere.

Din fig. 3 reiese cum a variat în perioada 1956—1960 (trim. I) indicele muncitori/MW instalat și total angajați/MW instalat.

Scăderea continuă a acestor indici și creșterea productivității muncii se datorește:

a) introducerii unui număr mare de comenzi la distanță și semnalizări.

b) punerii în funcțiune a automatizărilor din proiect și dezvoltarea lor.

c) organizării personalului de exploatare în 7 brigăzi, ceea ce a permis reducerea lui cu cca 10%.

Prin realizarea măsurilor propuse în planul tehnic al întreprinderii pe anul 1960, prin lărgirea comenzilor la distanță, a semnalizărilor tehnologice și a automatizărilor, există toate condițiile ca numărul salariaților/MW instalat să scadă în continuare.

Analizînd Directivele celui de al III-lea Congres al P.M.R., colectivul nostru este însuflețit de sarcinile mărețe care revin, alături de toți oamenii muncii, energeticienilor din țara noastră, și este hotărît ca prin mobilizarea tuturor rezervelor interne să dea patriei energie electrică mai multă, la un preț de cost cît mai redus.

DIN PRODUCȚIE

Principii în proiectarea rețelelor urbane și posibilitatea aplicării lor în rețeaua de distribuție din orașul Oradea

La proiectarea rețelelor electrice urbane trebuie rezolvate următoarele probleme principale:

— alegerea unor scheme de conexiuni judicioase pentru asigurarea calității energiei furnizate consumatorilor, cu pierderi minime;

— încadrarea rețelei electrice existente în rețeaua proiectată.

În Oradea, lucrările de sistematizare a rețelei au început în anul 1955, executîndu-se pînă în prezent rețeaua subterană definitivă de 6 kV din centrul orașului.

Ca principiu pentru rețeaua de 6 kV s-a ales tipul buclat cu funcționare arborescentă, care prezintă simplitate în exploatare și avantajul restabilirii ușoare a alimentării consumatorilor la apariția deranjamentelor.

Traseele alese pentru noua rețea de înaltă și joasă tensiune au fost condiționate de următorii factori:

— folosirea cît mai rațională a cablurilor subterane existente și a rețelelor aeriene;

— amplasarea posturilor de transformare existente, legăturile dintre ele prin cabluri de înaltă și joasă tensiune;

— secțiunea cablurilor și a rețelelor aeriene;

— încărcările specifice teritoriale și probabilități de apariție a sporurilor însemnate de putere în diferitele puncte ale rețelelor.

Acești factori au condus la alegerea tensiunii de 6 kV, iar de joasă tensiune de 380/220 V în cartierele mărginașe aeriene și de 3 × 220 V în centrul orașului, unde distribuția actuală este în cablu.

În procesul formării acestor rețele, ordinea operațiunilor a fost în general următoarea:

— delimitarea și formarea sectoarelor posturilor de transformare;

— ridicarea treptei de joasă tensiune;

— definitivarea traseului liniei de înaltă tensiune, realizînd formarea buclei și posibilități multiple pentru manevre;

— trecerea sarcinii pe diferite porțiuni ale liniilor de 6 kV;

— ridicarea treptei de tensiune de la 3 la 6 kV.

Cele mai mari dificultăți au fost întîmpinate în centrul orașului, unde rețeaua în cabluri era alimentată din posturi de transformare mici, necorespunzătoare și amplasate la întîmplare.

În acest caz au fost construite posturi subterane în pivnițele unor clădiri, preluînd din acestea sarcina tuturor consumatorilor din centru. Din aceste posturi noi s-au alimentat vechile posturi transformate în așa-numite „centre de distribuție de joasă tensiune", prin echiparea lor cu tablouri de distribuție corespunzătoare.

După realizarea configurației definitive a sistemului de distribuție la 6 kV, se pune problema racordării sistemului izolat Oradea la sistemul național, printr-o linie de transport de 110 kV;

Aceasta va rezolva următoarele probleme mai importante:

— problema energetică a regiunii;

— asigurarea dublei alimentări a sistemului Oradea;

— posibilitatea realizării unui inel pentru injectarea puterii în cîteva puncte ale sistemului de 6 kV.

Ing. șef. **Andrasy Iuliu**

Cîteva observații la articolul „Studiu privind regimul de funcționare a turbinelor de termoficare cu prize reglabile" publicat în nr. 2 (1959) al revistei Energetica

1. Metoda prezentată, ca de altfel și cea clasică — de folosire a diagramei regimurilor — , servește în exploatare nu la stabilirea parametrilor economici de funcționare (o astfel de problemă nici nu se pune pentru că rezolvarea ei este simplă: respectarea parametrilor nominali ai turbinei la intrare și la ieșire și menținerea presiunilor în prizele reglabile la valorile cele mai scăzute posibile), ci la rezolvarea mai rapidă a următoarelor probleme:

a) Predeterminarea puterii electrice maxime sau minime ce se poate obține la diferite preluări de căldură cu presiuni în prize impuse.

b) Predeterminarea preluărilor maxime la diferite presiuni la o sarcină electrică dată.

c) Predeterminarea condițiilor de funcționare a turbinei în cazul eventualelor modificări în schema încălzirii regenerative.

d) Repartiția optimă a sarcinilor electrice și a celor termice cerute la diferite presiuni, între mai multe turbine ce lucrează în paralel, pentru a se obține mersul cel mai economic sau mai simplu. Acoperirea consumurilor de căldură la presiunile cerute, cu obținerea simultană a puterii electrice maxime.

2. Figurile 5, 6, 7, 8 și 10 n-au legătură directă cu problema și deci puteau să lipsească.

3. Pentru expunerea metodei nu era nevoie de demonstrații complicate și nici de trecerea prin regimul de condensație pură (care de altfel, după cum spune și autorul, nu este concludent), ci era suficient să se precizeze următoarele idei:

— Cunoscînd debitul caloric Q, în Gcal/h la intrarea unui grup de trepte (spre exemplu în partea de medie presiune) și producția specifică n, în MWh/Gcal în grupul respectiv, puterea N, în MW, ce se obține în acest grup de trepte este: $N = Q \cdot n$

— Prin producerea puterii N dispare un debit caloric 0,860 N Gcal/h.

— Producția specifică n în MWh/Gcal (inversul consumului specific c în Gcal/MWh) se determină cu formula

$$n = \frac{hut \cdot 10^3}{(i - q_0) \cdot 860},$$

în care:

hut este căderea utilă de entalpie în grupul considerat;
i — entalpia aburului la intrarea în grupul de trepte considerat;
q_0 — entalpia condensatului (practic egală cu temperatura acestuia la ieșirea din condensor).

— Debitul caloric la intrarea unui grup de trepte este egal cu cel de la ieșirea grupului precedent, micșorat cu consumul de căldură preluat între cele două grupuri pentru termoficare sau pentru încălzirea regenerativă și eventual majorat cu căldura de supraîncălzire intermediară, dacă are loc o astfel de operație.

4. Pentru ilustrarea metodei se redă în fig. 1 o diagramă întocmită cu datele din documentația tehnică a turbinei VPT-25-3 la parametrii nominali 90 ata 500° C 0,05 ata și pentru următoarele condiții de termoficare:

— preluarea de abur în priza industrială 50 t/h;
— presiunea în priza industrială 10 ata;
— preluarea de abur în priza de termoficare 40 t/h;
— presiunea în priza de termoficare 1,2 ata;
— pentru simplificare s-au considerat închise prizele încălzirii regenerative.

Producțiile specifice ale celor 3 grupuri de trepte (corespunzătoare părților de înaltă, medie și joasă presiune) au fost stabilite astfel:

$$n_{IP} = 10^3 \frac{(810-675) \cdot 0{,}76}{(810 - 38) \cdot 860} = 0{,}155 \text{ MWh/Gcal.}$$

$$n_{MP} = 10^3 \frac{(708-612) \cdot 0{,}83}{(708 - 38) \cdot 860} = 0{,}138 \text{ MWh/Gcal.}$$

$$n_{MP} = 10^3 \frac{(630-524) \cdot 0{,}81}{(630-38) \cdot 860} = 0{,}169 \text{ MWh/Gcal.}$$

Debitele calorice preluate în cele două prize s-au calculat astfel:

— în priza industrială: 50 t/h · 0,708 Gcal/t = 35,4 Gcal/h;
— în priza de termoficare: 40 t/h · 0,630 Gcal/t = 25,2 Gcal/h.

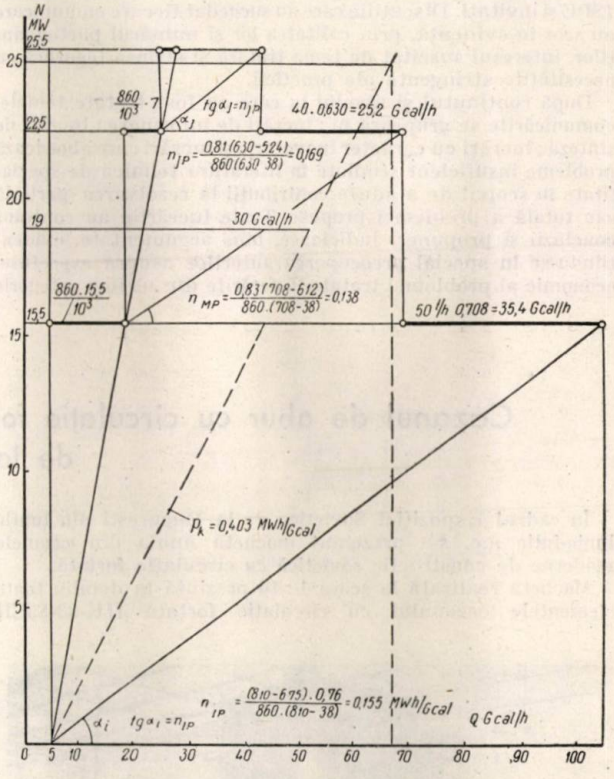


Fig. 1.

În aceeași figură s-a reprezentat punctat și funcționarea în condensație pură cu un consum specific util de căldură de 2,5 Gcal/MWh (respectiv o putere specifică de 0,4 MWh/Gcal). Cu ajutorul acestei diagrame se poate determina puterea electrică maximă ce se poate obține dacă capacitatea de condensare este limitată, spre exemplu: Q_{max} a condensorului 35 Gcal/h căruia îi corespunde $N = 19$ MW.

5. Ar fi fost util să se arate modul de folosire a metodei în cazul invers, cînd nu se cunoaște debitul caloric la intrare în turbină și se impune un anumit regim, spre exemplu se dă puterea electrică și consumul la priza industrială și se cere stabilirea debitului maxim pentru termoficare.

Ing. **C. Dinuleseu**

Sesiunea tehnico-științifică a tineretului din ISPE

În cinstea celui de-al III-lea Congres al P.M.R. la Institutul de Studii și Proiectări Energetice (ISPE) a avut loc în zilele de 17 și 18 iulie a.c. o sesiune tehnico-științifică a tineretului. Sesiunea organizată de comitetul U.T.M. ISPE a înscris în programul ei un număr de 36 comunicări.

Sesiunea a fost deschisă în cadrul unei ședințe festive la care ing. N. Armencoiu, directorul ISPE, a făcut bilanțul realizărilor tineretului în lupta pentru îndeplinirea obiectivelor cuprinse în planul de electrificare de 10 ani (1951—1960) și a scos în evidență sarcinile care revin tineretului în realizarea obiectivelor planului de 6 ani de dezvoltare a economiei naționale și a planului de perspectivă de 15 ani.

Lucrările sesiunii s-au desfășurat în patru secții de specialitate: construcții-arhitectură (7 comunicări); electrică (9); hidroenergetică (10) și termoenergetică (10) sub conducerea cîte unei comisii formate din 3 persoane, specialiști de înaltă calificare sau ingineri cu o bogată activitate tehnico-organizatorică și științifică.

Comunicările au fost prezentate de tineri din ISPE și au fost urmărite de o asistență numeroasă formată din salariați ISPE și invitați. Discuțiile care au succedat fiecare comunicare au scos în evidență, prin calitatea lor și numărul participanților, interesul suscitat de tema tratată și strînsa legătură cu necesitățile stringente ale practicii.

După conținutul și nivelul la care au fost tratate temele, comunicările se grupează în: lucrări de informare; lucrări de sinteză; lucrări cu caracter inovatoric și lucrări care abordează probleme insuficient studiate în literatura tehnică de specialitate în scopul de a aduce contribuții la rezolvarea parțială sau totală a problemei propuse. Toate lucrările au conținut concluzii și propuneri judicioase, bine argumentate, evidențiindu-se în special preocuparea autorilor asupra aspectului economic al problemei tratate. Lucrările din ultima categorie au analizat în special sub aspectul lor calitativ, unele probleme importante pentru economia noastră energetică. Aspectul cantitativ al problemelor studiate, legat de aplicarea directă în practică, a rămas, la unele din aceste lucrări, pentru preocupările de viitor ale autorilor, aceasta nediminuînd însă contribuția lucrării la elucidarea problemei studiate.

La sfîrșitul sesiunii au fost premiate lucrările care s-au evidențiat în mod deosebit. Lucrările premiate sînt:

Secția arhitectură-construcții

— V. Apostolescu *„Calculul structurilor de beton armat în lumina ultimelor dezvoltări"*

— C. Popescu *„Folosirea maselor plastice în construcții"*

Secția electrică

— E. Neniță *„Contribuții la studiul posibilității de efectuare a RARM pe linii de foarte înaltă tensiune cu autotransformatori la unul sau la ambele capete"*

— N. Chirculescu *„Contribuții la stabilirea metodologiei comparării tehnico-economice în domeniul construcțiilor energetice"*

Secția hidroenergetică

— D. Andrei, V. Bogan, R. Egyed, I. Mališ, *„Determinarea economicității uzinelor hidroelectrice"*

— I. Kaytar *„Unele aspecte ale armării golurilor în baraje"*

Secția termoenergetică

— C. Trifu *„Considerații asupra centralelor de termoficare industrială"*

— N. Mirea *„Considerații de proiectare asupra automatizării centralelor industriale de termoficare"*.

Bilanțul făcut la finele sesiunii a arătat că ea și-a atins cu prisosință scopul propus.

Cazanul de abur cu circulație forțată de 660 t/h la Expoziția Sovietică de la București

În cadrul Expoziției Sovietice de la București din lunile iunie-iulie a.c. s-a prezentat macheta unuia din cazanele moderne de construcție sovietică cu circulație forțată.

Macheta realizată la scara 1 : 10 prezintă în detaliu toate elementele cazanului cu circulație forțată ПК-33-83СП

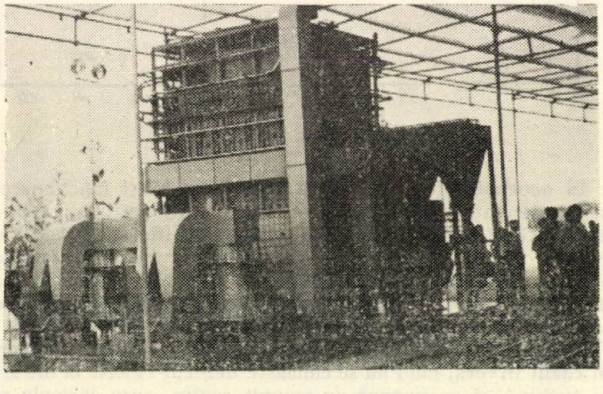


Fig. 1. Fotografia machetei cazanului la 660 t/h.

începînd de la arzătoare, mori, separatoare de cenușă, focar și pînă la balustradele de deservire și iluminatul acestuia. Folosirea culorilor, a luminării focarului face foarte clară macheta și dă posibilitatea să se poată urmări ușor diferitele elemente și circuite ale acestui cazan de abur În fig. 1 se prezintă fotografia machetei. Cazanul ПК-33-83СП a fost construit de uzina din Podolsk, după proiectele întocmite de biroul de proiectare al acestei uzine în colaborare cu Institutul ȚKTI din Moscova (MOȚKTI), primul agregat fiind furnizat în anul 1957 [1].

Cazanul este destinat să funcționeze bloc cu o turbină cu condensație de 200 MW, cu intrarea aburului în turbină la 130 at, 565°C și cu supraîncălzire intermediară.

Cazanul ПК-33-83СП are următoarele caracteristici principale [1]:

— debitul nominal de abur *)	660 t/h
— presiunea aburului la ieșirea din supraîncălzitorul primar	140 at
— temperatura aburului la ieșirea din supraîncălzitorul primar	570°C
— presiunea aburului în supraîncălzitorul intermediar	28 at
— temperatura aburului la ieșirea din supraîncălzitorul secundar	570°C
— temperatura gazelor de ardere la ieșirea din cazan, în cazul arderii de cărbune brun de Celiabinsk	132°C
— idem, în cazul cărbunelui brun de Kușmurunsk	139°C
— randamentul brut al cazanului în cazul cărbunelui de Celiabinsk	92,16%
— idem, Kușmurunsk	91,34%

* Pe plăcuța machetă se indică 660 t/h, iar în Teplotehnica 640 t/h.

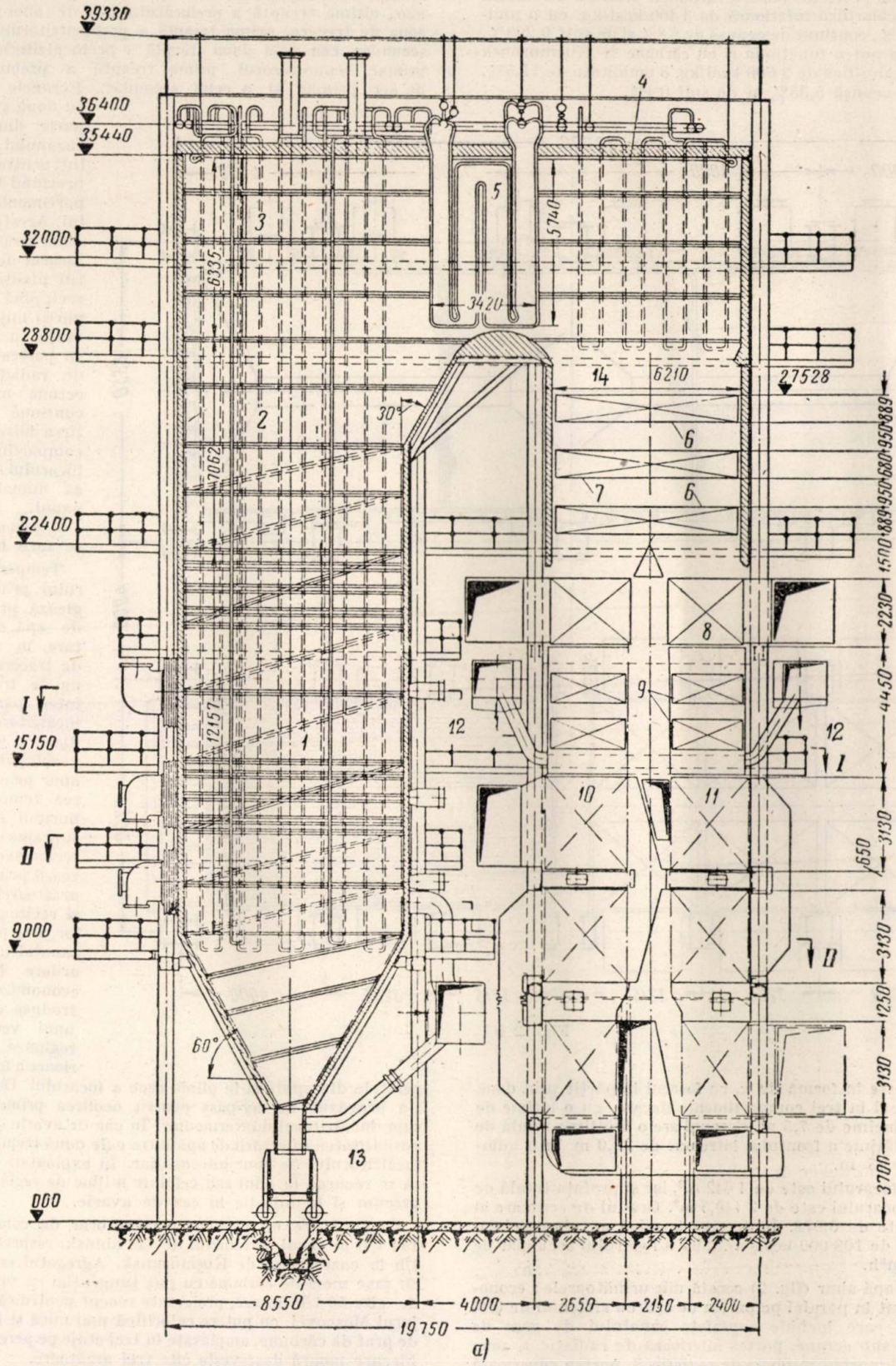


Fig. 2. Secţiuni longitudinale şi transversale prin cazanul ПК-33-83 СП

A – secţiune longitudinală; *B* – secţiuni transversale; *1* – partea inferioară de radiaţie; *2* – idem, mijlocie; *3* – idem superioară; *4* – ţevile plafonului; *5* – supraîncălzitor de abur primar; *6* – idem intermediar; *7* – zonă de trecere; *8* – treapta a doua a preîncălzitorului de aer primar; *9* – economizor; *10* – preîncălzitor de aer secundar; *11* – prima treaptă a preîncălzitorului de aer primar; *12* – la ventilatorul de recirculare; *13* – de la ventilatorul de recirculare; *14* – lumină.

Cazanul este proiectat pentru cărbunele brun de Celiabinsk cu o putere calorifică inferioară de 3 400 kcal/kg, cu o umiditate de 4,7%, conținut de cenușă de 8,8% și de sulf 0,293%. Agregatul va putea funcționa și cu cărbune de Kușmurunsk cu o putere calorifică de 3 000 kcal/kg, o umiditate de 11,5%, conținut de cenușă 5,35% și de sulf 0,4%.

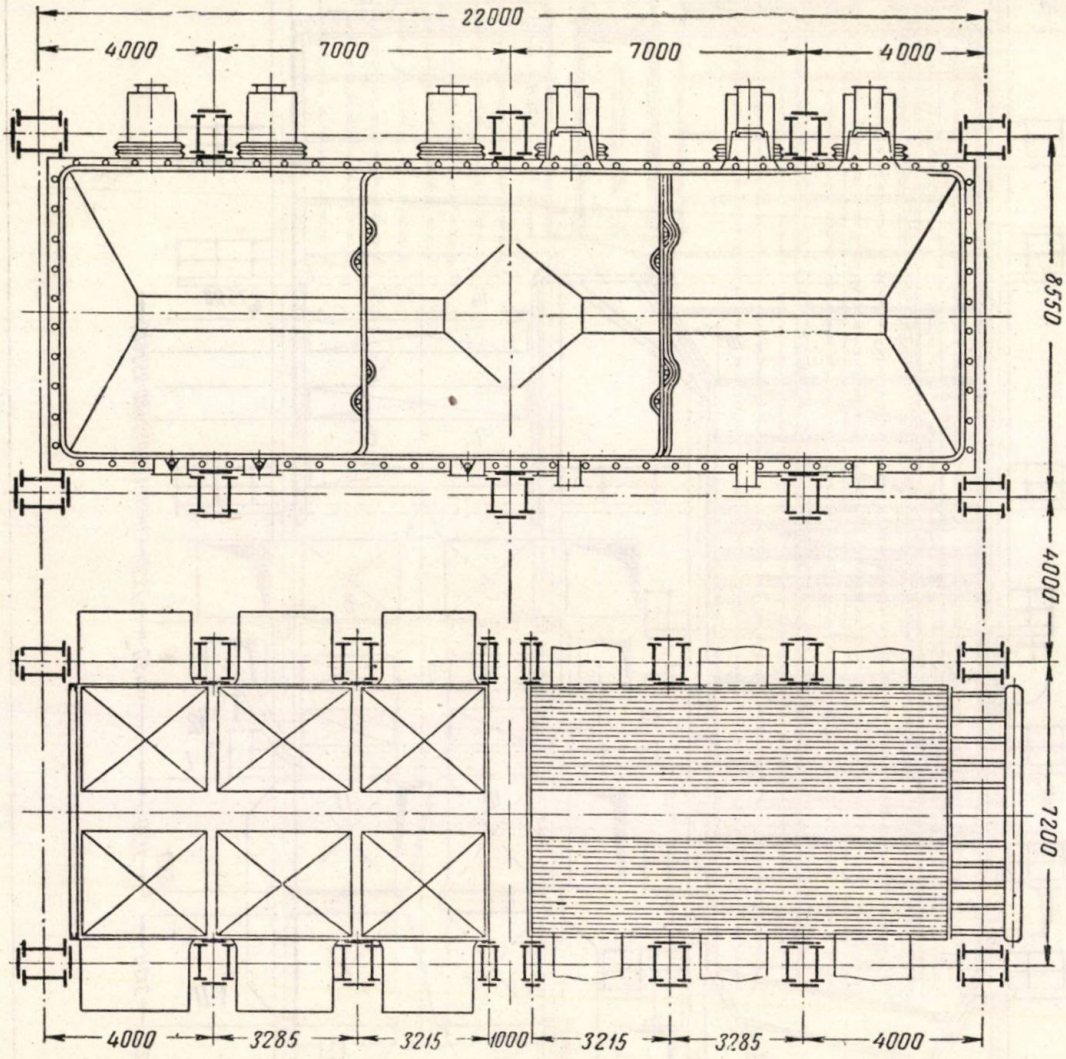


Fig. 2 b

Cazanul este în formă de π, cu focarul împărțit prin două ecrane de țevi în trei compartimente fiecare, cu o lățime de 7 m și o adîncime de 7,5 m. Cazanul are o înălțime totală de 39,33 m, o lățime a frontului între axe de 22,0 m și o adîncime de 19,75 m.

Volumul focarului este de 4 642 m³, iar suprafața totală de radiație a focarului este de 2 440,5 m². Gradul de ecranare al focarului este de 0,972. Încărcarea termică a volumului focarului este de 103 000 kcal/m³.h, iar a focarului secundar de 3,07 Gcal/m³h.

Circuitul apă-abur (fig. 2) constă din următoarele: economizor *9*, legat în paralel pe partea de apă cu sistemul de țevi suspendate, care închide suprafața canalului de gaze de legătură de sub ecrane, partea inferioară de radiație *1*, zona de trecere *6*, partea mijlocie de radiație *2*, partea superioară de radiație *3*, ecranul plafonului și cele două trepte finale ale preîncălzitorului de bază *5*. În mod separat se găsesc cele două trepte ale supraîncălzitorului intermediar de abur *6*.

În focar sînt așezate țevile de radiație, iar în canalul de gaze arse, care este comun pentru cele trei compartimente, se găsesc: treapta finală a supraîncălzitorului de abur primar, ultima treaptă a preîncălzitorului de abur secundar, zona de trecere, prima treaptă a preîncălzitorului de abur secundar, cea de-a doua treaptă a preîncălzitorului de aer primar, economizorul, prima treaptă a preîncălzitorului de aer primar și a celui secundar. Ecranele bilaterale cu două straturi fac parte din circuitul cazanului și au goluri pentru egalizarea presiunii între compartimentele focarului. Aceste ecrane cu două straturi umplu focarul de la începutul plantelor pîlniei reci, pînă la sfîrșitul părții mijlocii de radiație a cazanului. În partea superioară de radiație, aceste ecrane nu se mai continuă și despărțirea între cele trei compartimente ale focarului se realizează numai cu paravanul.

Evacuarea zgurii se face hidraulic.

Temperatura aburului primar se reglează prin injecție de apă de alimentare, în fața zonei de trecere, după zona de trecere, înaintea părții supraîncălzitorului de radiație și înaintea supraîncălzitorului de abur primar. Reglarea temperaturii aburului trecut prin supraîncălzitorul intermediar se realizează prin înclinarea arzătoarelor rotative și recircularea gazelor arse preluate din canalul de gaze de ardere în dreptul economizorului și introduse cu ajutorul unui ventilator în regiunea părții inferioare a focarului, pe peretele din spate și în pîlnia rece a focarului. De asemenea, s-a prevăzut un by-pass pentru ocolirea primei trepte a supraîncălzitorului intermediar. În caz de avarie s-a prevăzut posibilitatea injectării de apă între cele două trepte ale supraîncălzitorului de abur intermediar. În exploatare este posibisă se recurgă la unul sau celălalt mijloc de reglare normală, precum și la injecție în caz de avarie.

Cazanul are un consum maxim orar de combustibil de 144 t/h în cazul cărbunelui de Celiabinsk, respectiv de 160,2 t/h în cazul celui de Kușmurunsk. Agregatul este prevăzut cu șase mori de cărbune cu puț tangențial cu suflare de aer de cîte 50 t/h fiecare, proiectate recent pentru cărbunele din jurul Moscovei, cu putere calorifică mai mică și 18 arzătoare de praf de cărbune, amplasate în trei etaje pe peretele frontal. Fiecare moară deservește cîte trei arzătoare.

Greutatea totală a metalului cazanului este de 2 800 t, din care construcția metalică de susținere este de 710 t, consumul de oțel austenitic este de 25 t și de oțel aliat perlitic de 710 t, din care oțel ЭИ - 531 o cantitate de 65 t. Cazanul este prevăzut cu reglarea automată completă a

tuturor proceselor, fiind echipat în acest scop cu o instalaţie de reglare automată, constînd din 33 regulatoare electronice.

De asemenea, este prevăzut şi cu automatizarea parţială a pornirii.

Protecţia automată a cazanului acţionează la decontarea generatorului la reţea, a turbinei, la stingerea flăcării, la spargerea ţevilor, la creşterea inadmisibilă a umidităţii aburului după zona de trecere şi la creşterea inadmisibilă a presiunii şi temperaturii pe traseul cazanului.

Cazanul este, de asemenea, prevăzut cu semnalizări şi blocări.

Agregatul este furnizat de fabrică în subansamble gata montate, ceea ce scurtează mult perioada de instalare a acestuia.

Bibliografie

1. Dobronin O. N. şi Mejaraup G. Ia., Cazane de debit mare fabricate la uzina constructoare de maşini din Podolsk Teplotehnica nr. 1 (1959), p. 28—37

Conf. ing. **Ioan Arsenie Badea**

DOCUMENTARE

Energetica generală

Calculul comparativ al economicităţii transportului gazului natural şi al energiei electrice. M. N. Albegov şi N. N. Kraciovschi: Electriceskie stanţii, anul **31**, 1960, nr. 1, p. 30—35, 6 tabele, 3 figuri, 5 ref. bibl.

Articolul atacă o problemă extrem de actuală pentru U.R.S.S., unde pînă în anul 1970—1972 exploatarea gazelor naturale va creşte de circa zece ori, existînd perspective ca o parte din gaze să fie întrebuinţate în centralele electrice drept combustibil. Redacţia revistei publică articolul pentru discuţie.

Autorii au comparat amănunţit costul transportului gazelor naturale şi al energiei electrice echivalente pe distanţe de la 250 la 2 000 km.

În aceste comparaţii s-au făcut unele simplificări, cum ar fi faptul că nu s-a ţinut seamă nici pentru magistrala de gaze naturale, nici pentru linia electrică de posibilitatea racordării pe drum a altor consumatori; s-a considerat pentru cazul liniei electrice că centrala este la o distanţă de 50 km de sursa de gaze şi altele.

Este important că în determinarea indicilor tehnico-economici s-a avut în vedere atît pentru conducta de gaze, cît şi pentru linia electrică parametrii optimali, adică la conducta de gaze pornind de la un debit dat s-au determinat diametrele cele mai favorabile, presiunile staţiilor de pompare etc., iar pentru linia electrică echivalentă s-au comparat şi ales soluţiile cele mai economice din punct de vedere al tensiunii, secţiunii, numărului de circuite, pierderi în reţele şi altele. În calcule s-au comparat şi variante de transport al energiei electrice în curent continuu.

Concluziile la care se ajunge în studiu şi care sînt exprimate grafic sînt următoarele:

1. Transportul energiei electrice este mai avantajos decît transportul gazelor naturale la distanţe mai mari de 1 000 km.
2. Transportul gazelor naturale este mai avantajos decît transportul energiei electrice pînă la distanţa de 250 km.
3. Între 250 şi 1 000 km, transportul gazelor naturale este mai avantajos în cazul unor cantităţi masive, iar în cazul unor puteri mai mici este mai avantajos transportul energiei electrice (de exemplu, la o distanţă de 500 km, puterea limită este de 500 MW, iar la 750 km puterea limită este de 1 800 MW).
4. Transportul la distanţe mari al energiei electrice în curent continuu este atît de economic încît la distanţe de 1 500 km şi mai mult apare mai economic transportul separat al gazelor naturale şi al energiei electrice decît construcţia unei conducte de gaz cu debitul necesar pentru transportul energiei totale.

D.M.

Realizările industriei energetice a RSFSR în cursul anului 1959. Sovietskaia Rossia, nr. 19, 1960.

Direcţia generală de statistică de pe lîngă Consiliul de Miniştri al R.S.F.S.R. comunică următoarele date referitoare la îndeplinirea planului de stat de dezvoltare a economiei naţionale pe anul 1959.

În cursul anului trecut centralele electrice au produs 154 miliarde kWh, adică cu 13% mai mult decît în anul 1958, dintre care centralele termice cu 15% mai mult.

Consumul de combustibil energetic pentru 1 kWh de energie electrică produs la centralele electrice raionale, s-a redus în comparaţie cu anul precedent cu 3%.

În anul 1959 s-a construit linia magistrală de transport al energiei electrice pe traseul hidrocentralei electrice Stalingrad-Moscova, cu cea mai înaltă tensiune din lume — 500 000 V în lungime de 1 000 km. La hidrocentrala electrică din Stalingrad au intrat în funcţiune nouă hidroagregate în loc de cinci, prevăzute în plan. Au fost date în exploatare noile turbine la hidrocentrala electrică din Novosibirsk şi hidrocentrala Tom-Usinsk. În regiunea Murmansk a început să funcţioneze hidrocentrala Kirov, iar în R.S.S.A. Başkiră — hidrocentrala de la Pavlovsk.

În tabela de mai jos se dau cifrele referitoare la producţia de utilaj şi echipament electric fabricate în anul 1959, în comparaţie (%) cu anul 1958.

	produs în 1959	1959, % faţă de 1958
Turbine hidraulice mii kW	983	99,3
Generatoare pentru turbine hidraulice, mii kW	1 149	128
Maşini electrice mari, mii buc.	3,8	111
Motoare electrice cu puterea peste 100 kW, mii buc	13,3	110
Motoare electrice cu puterea pînă la 100 kW, mil. buc.	1,3	117
Transformatoare de forţă, mil kVA	16,6	109
Aparate electrice cu vid, mii buc.	102	109

Principalele sarcini ale energeticii, în lumina concluziilor consfătuirii pe ţară cu privire la investiţii. Tomsik M.: Energetika (R. Cehoslovacă), **9** (1959) 8, p. 381 — 382.

Autorul, locţiitor al ministrului pentru Energetica şi Gospodărirea Apelor, expune trăsăturile fundamentale ale politicii de investiţii în energetica R. Cehoslovace.

Schimbări cantitative fundamentale vor interveni mai ales în construcţia de noi centrale termoelectrice, care vor continua să rămînă sursa de bază a energiei electrice. În al treilea cincinal se va trece larg la instalarea unor unităţi de 110 MW în locul celor de 55 MW, care au caracterizat centralele construite în al doilea cincinal. Experimental se vor pune în funcţiune chiar primele agregate de 200 MW. Şi cazanele se vor mări: în timp ce în al doilea cincinal s-au instalat unităţi de 125 şi 230 t/h, în al treilea cincinal cazanele vor fi de 350 şi de 640 t/h, iar parametrii vor creşte la 135 at, 555°C, respectiv 165 at, 565°C. Centralele noi vor fi de 600—800 MW, în timp ce în prezent nu depăşesc 330 MW. Totodată se întrevede o cotitură calitativă, în special prin combaterea vicierii atmosferei de către centrale. Deşeurile solide ale centralelor vor fi folosite în construcţii.

Şi în construcţia reţelelor şi staţiilor de distribuţie de foarte înaltă tensiune se proiectează mari schimbări, deoarece noile puteri vor fi instalate în vestul ţării, unde este cărbune, în timp ce consumul se va extinde mai ales în Slovacia, regiune în rapidă dezvoltare. Acest dezechilibru se va elimina prin introducerea tensiunii de 380 kV şi construirea unui sistem energetic unic în toată ţara.

În viitor se va pune un deosebit accent pe automatizarea şi mecanizarea exploatării, cum şi pe reducerea volumului construcţiilor pe kW de centrală.

În ce privește modul de realizare a investițiilor energetice se prevede o ieftinire a lor la 1 500 KCS/kW instalat în centrale cu condensație și o considerabilă accelerare a lucrărilor. De pe acum există un precedent cînd la 33 luni de la primele săpături, a intrat în funcțiune primul grup electrogen.

Toate aceste prevederi ale planului de investiții în energetica cehoslovacă sînt bazate pe posibilități reale și sprijinite de o serie de măsuri organizatorice, printre care cointeresarea materială a salariaților și un control riguros al îndeplinirii planului.

S.A.

Despre unele probleme economice ale centralelor electrice cu combustibil gazos. D. S. Stepanov: Electriceskie stanții, anul **31**, 1960, nr. 1, p. 16—19.

Articolul este publicat pentru discuție cu o adnotare din partea redacției, în care se pune la îndoială de către aceasta justețea celor afirmate de autor, datorită faptului că părerea acestuia este contrară metodologiei generale de calcul adoptată de Comitetul de stat al planificării și alte organizații. Redacția revistei face apel la specialiștii din domeniul energetic să-și exprime părerea asupra problemelor ridicate.

Autorul arată că folosirea gazelor naturale în balanța de combustibil a țării crește în 1965 la 21,1% față de 6,5% în 1958, și această creștere cere o folosire economică a gazelor. Gazele naturale pot fi folosite cu eficacitatea maximă în industria chimică, iar pe urmă în scopuri de încălzire în locuințe și industrie și abia în al treilea rînd pentru centrale electrice. Pentru centrale electrice se alocă doar surplusul de gaze naturale, după ce au fost satisfăcute primele două ramuri.

La alegerea combustibilului pentru un obiectiv energetic trebuie efectuate calcule tehnico-economice complete care să țină seamă și de alt combustibil și de condiții locale, în sensul folosirii în comun a conductei de gaze și de graficul de funcționare a centralei electrice.

Problema principală pe care o ridică autorul este calculul investițiilor pentru obținerea gazelor naturale.

În prezent, la calculul investițiilor necesare pentru obținerea gazelor naturale nu se ține seamă de cheltuielile efectuate pentru descoperirea și cercetarea zăcămîntului, aceste cheltuieli fiind finanțate de la buget pe poziție separată de studii și cercetări geologice. Autorul arată că în special în descoperirea zăcămintelor de gaze naturale costul lucrărilor de foraj și geologie este foarte ridicat în raport cu cheltuielile de punere în exploatare a stratului descoperit. Din această cauză propune ca la calcule tehnico-economice, cînd se decide alegerea gazelor naturale drept combustibil să se țină seamă și de cheltuielile legate de cercetarea zăcămintelor de gaze naturale.

În privința costului conductei pentru gaze naturale, autorul arată că deoarece mărirea debitului unei conducte, prin schimbarea secțiunii influențează foarte puțin asupra costului și exploatării ei, este rațională folosirea în comun pentru diverse nevoi a conductelor magistrale. De asemenea, remarcă faptul că folosirea comună a conductei în perioada în care centrul respectiv este în dezvoltare și nu consumă cantitatea de gaze pentru care s-a proiectat instalația este foarte rațională.

În privința folosirii celei de-a doua surse de combustibil pentru centrale, autorul demonstrează eficacitatea folosirii păcurii ca sursă secundară de combustibil (pe baza metodologiei calculelor tehnico-economice recent aprobate în U.R.S.S.) arătînd cum variază eficacitatea folosirii păcurii față de cărbune funcție de numărul de ore de utilizare a sursei secundare de combustibil.

D.M.

Electroenergetică

Asupra unei posibilități de a mări puterea limită transmisibilă pe o linie de transport. Cabir Handi-Sepen: **R.G.E. 68** (1959), nr. 10 (oct.), p. 605—607, 4 fig., 8 ref. bibl.

După o scurtă introducere în care se reamintesc condițiile bine cunoscute relative la asigurarea stabilității dinamice a unei linii de transport, autorul enunță un principiu nou care permite mărirea puterii transportate. Principiul constă în limitarea artificială a unghiului de stabilitate dinamică (între forța electromotoare internă E a mașinii sincrone și tensiunea V a barei de la extremitatea liniei). După cum se știe, f.e.m.E este solidar legată de rotorul mașinii și mărirea (sau micșorarea) unghiului de defazaj în raport cu V a acestei f.e.m. este un fenomen simultan cu accelerarea (sau frînarea) rotorului mașinii sincrone. Autorul își propune să elibereze înfășurarea inductoare față de rotor, prevăzînd două înfășurări de excitație decalate la 90° și care permit varierea fazei curentului de excitație în raport cu axa rotorului. Mașini de acest tip au fost realizate pentru alte scopuri. Autorul dezvoltă cîteva considerații teoretice în legătură cu avantajele pe care le aduce noul procedeu. Pentru realizarea practică mai sînt necesare încercări pe microrețele sau calcule pe calculatoare analogice de care autorul nu a dispus.

A.R.

Direcții de dezvoltare în construcția liniilor aeriene. Mors Heinz ETZ-B **11** (1959), nr. 11, p. 439—444, 7 fig., 2 tab.

Se remarcă tendința mondială pentru o ușurare constructivă a liniilor de transport de energie electrică. Autorul arată experiențele pozitive din străinătate obținute prin micșorarea numărului de stîlpi de întindere (care în Germania reprezintă 20÷30% din numărul total de stîlpi), prin utilizarea stîlpilor de colț cu lanțuri de susținere (în special la unghiurile mici pînă la 5°), prin mărirea deschiderilor etc., care au condus la avantaje tehnico-economice nete. Se amintește de asemenea despre trecerea liniilor la tensiune superioară și construirea unor linii pentru o tensiune superioară, exploatarea inițială făcîndu-se la o tensiune mai redusă.

Prezintă avantaje de asemenea utilizarea oțelurilor de calitate superioară și se recomandă să se utilizeze 01 52 împreună cu materialul obișnuit 01 37 pentru confecționarea stîlpilor metalici. În privința conductoarelor, Ol Al este astăzi în Germania utilizat în exclusivitate. Conductoare de Aldrey sau oțel-Aldrey se utilizează numai în condiții speciale, la deschideri mari sau porțiuni foarte solicitate ale traseului. Raportul Al/Ol a rămas de 6/1, rapoarte mai mici de 4/1 sau 3/1 nefiind utilizate decît pentru conductoare de protecție în rețele cu neutrul direct pus la pămînt. La secțiuni foarte mari pare indicat să se recurgă la rapoarte mai mari de 7/1 sau 8/1 (se dau exemple de astfel de conductoare). La tensiuni de 220 kV și 380 kV se utilizează conductoare fasciculare (2 la 220 kV și 4 la 380 kV), dispoziția conductoarelor fiind atît orizontală cît și verticală. În timp ce în Germania se utilizează cleme de întindere cu pană iar pentru înnădirea conductorului cleme cu crestături, în alte țări au căpătat o largă utilizare clemele de înnădire prin compresiune; s-a dezvoltat și în Germania un nou tip de clemă care îmbină avantajele ambelor procedee; este vorba de clema denumită cu două manșoane (unul pentru inima de oțel, celălalt pentru mantaua de aluminiu). De o largă întrebuințare se bucură în Germania, Austria și Elveția izolatorul de tip tijă. La linii trecute de la 60 la 110 kV s-a aplicat un montaj în V al izolatoarelor care fixează rigid poziția conductorului în planul stîlpului. În Franța, în locul izolatoarelor cu capă și tijă se utilizează un nou tip de izolator denumit „spirelec". În materie de fundații, după război, s-au dezvoltat în special fundații prefabricate sau turnate prin procedee mecanizate.

A.R.

Posturi de transformare moderne, în rețele urbane. K. Dörfer: „AEG-Mitteilungen" nr. 6/7, 1959, p. 272—277.

Formele actuale de realizare a posturilor de transformare urbane și caracteristicile lor prezintă particularități interesante, care se redau mai jos.

Din considerente tehnico-economice, tensiunile superioare ale acestor posturi sînt limitate între 6 și 20 kV, în timp ce joasa tensiune este, în cele mai multe cazuri, 380/220 V și, în unele instalații industriale, 500 V. Transformatoarele utilizate în distribuția publică a energiei electrice, în orașe, sînt în prezent de puteri nominale pînă la circa 500 kVA pe

unitate, fiind de prevăzut în perspectivă şi unităţi de 800 kVA, în timp ce, la consumatorii industriali, se merge încă de pe acum la puteri unitare şi mai mari.

Tendinţa actuală este cea a echipării posturilor cu un singur transformator, rezerva pentru continuitatea alimentării consumatorilor rezultînd din buclarea reţelei de joasă tensiune între două sau mai multe posturi. Totodată se preferă amplasarea posturilor de transformare în subsolurile blocurilor de locuinţe, iar cînd aceasta nu este posibil, în cabine suprateranе cu o singură încăpere, în care se concentrează transformatorul, conexiunile de înaltă tensiune şi nişa cu tabloul de joasă tensiune.

În acţiunea pentru reducerea continuă a costului de instalare al posturilor de transformare urbane şi pentru posibilităţi de cît mai rapidă montare a acestora, s-a trecut mai departe la realizarea de posturi în cabine metalice prefabricate, care se aduc gata montate la faţa locului şi se fixează pe fundaţia pregătită dinainte, după care se introduce transformatorul şi se fac legăturile electrice la acesta şi la ieşirile de cabluri. Întrucît montarea unor astfel de cabine, fabricate în mare serie şi deci ajungînd la un cost redus, datorită producţiei industriale, se face în zone urbane clădite, se impune reducerea la minimum a suprafeţei ocupate de acestea în plan. În acest scop, s-a ajuns la soluţia montării supraterane, numai a conexiunilor de înaltă tensiune şi a tabloului de joasă tensiune, în timp ce transformatorul se montează subteran, imediat alături de cabina supraterană, putînd fi introdus şi scos prin trapă ca şi la cabinele subterane normale.

Deoarece şi această dispoziţie ocupă încă o suprafaţă apreciabilă în plan, putîndu-se intra cu transformatorul sub partea carosabilă a străzilor, în etapa următoare s-a trecut la soluţia cu transformatorul îngropat în interiorul proiecţiei în plan, a cabinei supraterane a postului de transformare respectiv.

Pentru transformatoare de puteri mici (200÷240 kVA) se realizează răcirea naturală a acestora, prin pămînt. La puteri de 500 kVA şi mai mari, acest lucru nu mai este însă posibil. De aceea se recurge, în asemenea cazuri, la transformatoare îngropate, cu cuve de ulei din tablă netedă, cu răcire exterioară a uleiului, prin radiatoare plasate în cutii sau cabine de tablă separate, supraterane şi plasate adeseori la oarecare distanţă de postul de transformare propriu-zis.

Aceste cutii sau cabine se amplasează după posibilităţile ce le oferă zonele clădite respective şi pot fi tratate drept coloane, respectiv panouri de afişaj public.

O altă caracteristică a posturilor de transformare urbane moderne este protecţia transformatoarelor prin siguranţe cu fuzibile, de mare putere, prin care se obţine o reducere simţitoare a costului şi totodată şi a gabaritelor cabinelor supraterane respective.

În fine, mai trebuie citate aici şi măsurile constructive ce se iau pentru etanşarea şi climatizarea cabinelor metalice supraterane, cele din urmă avînd ca scop evitarea condensărilor de vapori de apă în interiorul cabinelor metalice supraterane, prin menţinerea, în interiorul acestora, a unei temperaturi la care condensările de abur să fie imposibile, evacuîndu-se totodată acest abur în mediul înconjurător.

În acest scop, se prevăd în fundaţii găuri anume practicate, prin care este absorbit aerul, trecînd prin filtre şi rezistenţe încălzitoare şi fiind apoi condus prin canale speciale prin pereţi şi evacuat prin jaluzele, la partea superioară a cabinelor.

V.R.

Micşorarea pierderilor de energie electrică în sistemele energetice A. N. Kurzanov: Electriceskie stanţii, anul **31**, 1960, nr. 1, p. 35—38, 4 ref. bibl.

Autorul analizează pe cazul concret al sistemului energetic unificat din Urali, măsurile de micşorare a pierderilor de energie electrică şi efectele economice rezultate.

Măsurile sînt de trei feluri:

— introducerea tehnicii noi;
— reproiectări legate de investiţii suplimentare;
— măsuri operative fără cheltuieli suplimentare.

Dintre măsurile de introducere a tehnicii noi se citează folosirea generatoarelor cu răcire cu hidrogen, care a atins 45,2% din totalul puterii instalate în sistem. Efectul este micşorarea cu 12,8% a pierderilor faţă de pierderile care ar fi avut loc în generatoare dacă nu se folosea hidrogenul; folosirea autotransformatoarelor care reprezintă 36,4% din puterea transformatoarelor şi autotransformatoarelor din reţeaua de 220 kV şi care a dus la micşorarea pierderilor în acestea cu 19,4%.

Reglajul sub sarcină al transformatoarelor şi trecerea liniilor la tensiuni superioare fără reconstruirea lor au fost măsuri larg întrebuinţate.

Printre măsurile de reproiectare s-a avut în vedere descărcarea liniilor de transport care nu funcţionează la densitate economică, prin schimbarea secţiunii, construirea de alte legături sau trecerea la tensiuni superioare, aducerea tensiunii înalte în imediata apropiere a consumatorului, îmbunătăţirea factorului de putere al sistemului care în prezent este 0,91 ÷ 0,93 şi aşezarea consumatorilor noi de energie electrică în imediata apropiere a centralelor existente sau în construcţie.

Dintre măsurile operative se citează menţinerea nivelului de tensiuni la limita superioară (242 kV şi 121 kV în reţeaua de 220, respectiv 110 kV), repararea liniilor sub tensiune, repartiţia optimă a puterilor în reţeaua buclată de 110 şi 220 kV şi a puterilor active pe generatoarele centralelor, cum şi deconectarea transformatoarelor insuficient încărcate în staţii.

Din cifrele publicate în articol rezultă că în sistemul energetic din Urali, problema micşorării pierderilor de energie electrică este tratată cu seriozitate, dînd rezultate foarte bune din punct de vedere economic.

D.M.

Influenţe care apar în descărcătoarele cu rezistenţă variabilă cu tensiune de amorsare redusă, în cazul supratensiunilor interne D. V. Şişman: Electricestvo,, nr. **12**, anul 1959, p. 64—69, 4 fig., 1 anexă, 21 ref. bibl.

În literatura tehnică apar din ce în ce mai des indicaţii asupra posibilităţilor de reducere a nivelului de izolare a liniilor şi instalaţiilor electrice, legate de limitarea supratensiunilor interne prin descărcătoare cu rezistenţă variabilă de construcţie specială.

Autorul analizează în articolul de faţă domeniul de folosire al descărcătoarelor cu rezistenţă variabilă de construcţie curentă cu micşorarea tensiunii de amorsare.

Se analizează cazul supratensiunilor la declanşarea inductanţelor şi capacităţilor, pentru limitarea cărora se demonstrează posibilitatea folosirii descărcătoarelor cu rezistenţă variabilă. Pentru supratensiunile datorite punerilor la pămînt şi a supratensiunilor de rezonanţă, datorită duratei lungi a procesului tranzitoriu, nu se recomandă folosirea descărcătoarelor obişnuite care pot fi ele însele avariate.

În încheiere, autorul indică domeniul în care folosirea descărcătoarelor cu rezistenţă variabilă cu tensiune de amorsare redusă este indicată şi atrage atenţia asupra necesităţii instalării experimentale a descărcătoarelor de acest tip în reţelele de 110 şi 220 kV.

Indicaţiile bibliografice sînt foarte preţioase pentru cunoaşterea mai largă a problemei atacate.

D.M.

Fuzibile descoperite la siguranţele folosite pe partea de înaltă tensiune a staţiilor de transformare coboritoare. A.D. Bulitko şi F.F. Deriughin: Electriceskie stanţii, nr. 1, anul **31**, 1960 p. 47—51, 5 fig., 1 tab.

Se descrie construcţia unor siguranţe formate din fire de aluminiu întinse între două coloane de izolatoare, calibrate să funcţioneze drept siguranţe, dar şi scurtcircuitoare, în staţiile de transformare fără întreruptoare pe partea de înaltă tensiune.

După descrierea constructivă se indică rezultatele încercărilor de laborator şi pe viu efectuate în sistemul energetic, la o staţie de 35 kV echipată cu aceste siguranţe. Se indică o tabelă pentru alegerea fuzibilelor în funcţie de tensiune, de puterea transformatorului şi de puterea de scurtcircuit.

Construcţia siguranţelor este extrem de simplă, fiind formate din coloane de izolatoare suport obişnuite, între care

se întind conductoare de aluminiu. Pentru stațiile de 35 kV, una din fazele siguranței trece deasupra celorlalte două în formă de V, avînd o parte îngroșată (o bară de 6 mm oțel răsucită împreună cu sîrma de aluminiu), care la stabilirea unui scurtcircuit monofazic, prin cădere, transformă scurtcircuitul în bi- sau trifazic. Experiențele pe viu au dat rezultate foarte bune.

Soluția este cu atît mai interesantă pentru țara noastră, cu cît la noi pînă în prezent nu s-a trecut la fabricarea curentă de separatoare scurtcircuitoare, iar soluția propusă nu cere nici un fel de utilaj special.

Tabela de calcul a secțiunii fuzibilului poate fi folosită ușor pentru stabilirea caracteristicilor necesare. Pentru manevre se folosește separatorul care asigură conectarea și deconectarea transformatorului în gol.

D.M.

Alegerea coeficientului de siguranță al conductoarelor în stațiile de transformare exterioare. M. N. Bogov: Electriceskie stanții, anul **31**, 1960, nr. 1, p. 52.

Coeficientul de siguranță admis la întinderea conductoarelor în stațiile de transformare exterioare influențează cel mai mult elementele constructive ale cadrelor de întindere. După prescripțiile în vigoare în U.R.S.S., coeficientul se ia 4. Aceasta înseamnă că tensiunea în conductoare va fi $T = \frac{K}{n} S = \frac{K}{4} S$ (K este rezistența la rupere a conductorului; n — coeficientul de siguranță). La deschiderile uzuale de 25—30 m, acest coeficient conduce la săgeți mici ale conductoarelor. Mărirea coeficientului de la $n = 4$ la $7 \div 9$ nu mărește esențial săgeata, însă micșorînd tensiunea în conductoare asigură realizarea unor cadre mult mai ușoare.

Menționăm că în cadrul Institutului de studii și proiectări energetice din București s-a ajuns la concluzii similare încă în cursul anului 1959, ieftinind în acest mod construcțiile stațiilor exterioare cu circa 30%.

D.M.

Mașini de calculat pentru repartiția economică a sarcinilor Terno O. R., Pikkov, O. M. și Lelu Mees, M. M.: Electricestvo, U.R.S.S., (1959) nr. 9 (sept.) p. p. 5—8, 6 fig., 3 ref. bibl.

Întrucît calculul repartiției economice a sarcinilor electrice, atît între grupurile unor centrale, cît și la nivelul sistemului energetic considerat este laborios și dificil, autorul indică o cale mai rapidă de calcul al acestei repartiții. Astfel, pentru condițiile concrete ale unui sistem energetic cu patru centrale termoelectrice grupate în două centre interconectate prin rețele electrice de 110 kV și 170 km lungime, a fost construită o mașină electronică de calcul pentru automatizarea distribuției economice a sarcinilor de la un post central de dispecer. În articol se arată schemele care stau la baza mașinii de calculat, insistîndu-se în special asupra acelora care reproduc pe model caracteristica creșterilor relative. Se mai dă o serie de date în privința părții constructive a instalației de calculat.

Rezultatele obținute cu asemenea instalație pot avea o eroare de pînă la 4% față de calculele riguroase.

CZ 621.316.541(083.133)VDE

Protecția omului în utilizarea aparatelor electrice F. Lauster: Elektr. Z.-B., **11** (1959) 12, 480—484.

Este vorba de o îndelungată dispută prin presă, radio etc., în jurul unei recente prescripții a asociației VDE, prin care se interzice pe viitor fabricarea și utilizarea fișelor multiple pentru racordarea concomitentă a mai multor consumatori la aceeași priză bipolară. Este vorba de fișele triple care se găsesc și la noi în comerț și care, datorită greutății șnururilor de contact, desprind prizele din perete, lărgesc găurile prizelor etc. Dezavantajele cresc cînd într-o astfel de fișă triplă se introduce o a doua, astfel că avem de-a face cu 2 + 3 racorduri la o singură priză. Față de cele de mai sus, autorul prezintă construcții noi de prize cu trei racorduri. Aceste prize pot fi fixate direct în perete în locul vechilor prize sau pot fi așezate pe podea sau pe masă, avînd șnur de legătură cu vechea priză din perete. Desființarea fișelor triple, care a fost salutată de uzinele electrice, de întreprinderile de asigurare etc., a întîmpinat rezistență din partea industriei, comerțului și a unora din cei racordați la rețea. Pentru adversarii prescripției apărute urmează o serie de răspunsuri, un calcul, din care reiese costul redus al înlocuirii fișelor triple prin prize pentru mai multe racorduri, precum și o diagramă statistică, din care reiese procentajul accidentelor de electrocutare repartizat pe prize, conducte mobile, aparate etc.

CZ. 621.316.11.025.3.001.4

Verificarea fazelor rețelelor prin recepția unor semnale radiofonice. Ash, S. C.: Electr. Times **135** (1959) 3520, 681—684, 7 fig.

Identificarea corectă a rețelelor de distribuție este necesară din cauza dezvoltării lucrărilor în districte separate geografic, dar care ar putea fi puse în paralel. Extinderea uniformă a rețelelor evită transpunerile dificile la punerea în paralel.

Se folosește un radioemițător pentru emiterea unui semnal a cărui undă purtătoare este întreruptă în momentul maximului pozitiv al tensiunii unei faze. Un receptor mobil independent recepționează acest semnal, precum și un al doilea semnal dat de conductorul a cărui fază se verifică, care este recepționat de o sondă ținută în apropierea acestui conductor. Un tub catodic încorporat în receptor arată o imagine circulară întreruptă; poziția întreruperii arată faza tensiunii conductorului verificat față de tensiunea dată receptorului, luată ca referință.

CZ. 621.315.1.002.2

Tendințe în construcția liniilor aeriene. H. Mors: Elektr. Z.—B. **11** (1959) 11, 439—443

Urmărindu-se reducerea prețului de cost și ridicarea randamentului la liniile electrice de înaltă și foarte înaltă tensiune, atît proiectarea cît și execuția acestor linii în diferitele țări prezintă sugestii interesante, experimentate în mare parte cu succes. Astfel, pentru reducerea numărului la stîlpii de întindere în cotituri, acestea se rotunjesc, repartizîndu-se astfel solicitarea unghiurilor pe mai mulți stîlpi înzestrați cu izolatoare-lanț de susținere.

Necesitatea de a se trece în viitor cu o linie de la 110 kV la 220 și chiar la 380 kV a impus stîlpi cu zăbrele, care pot fi completați (alungiți etc.) cu ocazia trecerilor la tensiuni mai înalte. Economii se pot obține și printr-o alegere judicioasă a oțelului, prin utilizarea de profile speciale (cu pereți subțiri) la construcția stîlpilor, precum și prin încercări practice, care pot confirma sau nu calculele statice.

Urmează considerații privind materialul funiilor, proporția aluminiu/oțel, precum și numărul conductelor unei faze. Sînt comparate apoi diferite construcții ale clemelor de legătură și ale pieselor de distanțare. Sînt descrise diferitele categorii de izolatoare (izolatoare-lanț etc.), combinațiile pentru diferite tensiuni sau pentru balansarea cu minimum de torsiune.

Articolul se încheie cu descrierea unor fundații economice pentru stîlpi, cum ar fi betonul prefabricat, fundațiile prin perforare, precum și comprimarea solului în scopul ieftinirii construcției de fundație.

СОДЕРЖАНИЕ

* * *: **III Съезд РРП, важное событие в борьбе румынского народа за строительство социализма.**
Energetica, 8 (1960) nr. 7, стр. 289–292

ДК 621·311.1

Gheorghiu N.: **Перспективы электрификации РНР в свете исторических решений III Съезда РРП**
Energetica, 8 (1960) nr. 7, стр. 293–297

ДК 621.311.1 :518.001.24

Groza L.: **Применение цифровой вычислительной машины для изучения энергетических систем.**

Представлен ряд достижений в связи с применением вычислительной машины ЧИФА-2 сконструированной Институтом атомной физики Академии РНР. Указан метод разделения узлов разработанный инж. П. Димо. Рассматриваются вопросы стабилизации и регулировки, причем приводятся конкретные примеры.

Отмечается, что использование машин ручного действия и новейших методов анализа электроэнергетических систем является действенным способом скоростного и точного решения сложнейших вопросов, возникающих в связи с всерумынской энергетической сетью и объединением международных энергосистем.

Первые полученные результаты подтверждают важные преимущества применения этого метода как в отношении точности и быстроты, так и высокого качества, превосходящего классические методы анализа электрических сетей.

Energetica, 8 (1960) nr. 7, стр. 298–311

ДК 621.316.1.001.24

Petroianu A.: **Сравнение методов преобразования и матричного метода расчета кольцевых электросетей.**

Отмечается, что метод переобразования, применяемый для расчета кольцевых сетей, математически соответствует альгоритму Гаусса для решения систем линейных уравнений.

Оба метода сопоставляются с точки зрения количества необходимых операций. Указаны наиболее целесообразные области применения.

Energetica, 8 (1960) nr. 7, стр. 312–316

ДК 662.62.004.1

Carabogdan I., Pănoiu N. и Singer G.: **Критерии энергетической оценки твердого топлива.**

После обзора обычно применяемых критериев классификации твердых топлив представлены комплексные критерии классификации, в основном с точки зрения поведения топлив при сжигании.

Показана возможность определения оптимальной конструкции установки для сжигания определенного сорта топлива, при помощи критериев энергетической оценки твердых топлив.

Energetica, 8 (1960) nr. 7, стр. 316–320

ДК 621.316.935.027.3

Haţeganu I.: **Защита нейтрали в хунедоарской 35 кв системе.**

Energetica, 8 (1960) nr. 7, стр. 320–323

ДК 662.69

Dinulescu C.: **Улучшение горения газа на электростанциях. Достижения и предложения.**

Energetica, 8 (1960) nr. 7, стр. 324–325

ОБМЕН ОПЫТОМ

ДК 621.311.22.004.15

Miliţescu Gh.: **Результаты экономичной эксплуатации ТЭЦ Парошень.**

Energetica, 8 (1960) nr. 7, стр. 326–328

НА ПРОИЗВОДСТВЕ, 328
ДИСКУССИИ, 329
ХРОНИКА, 330–333
ДОКУМЕНТАЦИЯ, 333–336

INHALTSVERZEICHNIS

x x x: **Der dritte Kongress der Rumänischen Arbeiter-Partei, ein bedeutendes Ereignis im Kampfe und Wirken des rumänischen Volkes für den Aufbau des Sozialismus**
Energetica *8* (1960) H. 7, S. 289—292

DK 621.311.1

Gheorghiu N.: **Die Aussichten der Elektrifizierung in der R.V.R. in Lichte der historischen Beschlüsse des dritten Kongresses der R.A.P.**
Energetica *8* (1960) H. 7, S. 293—297

DK 621.311.1 ;518.001.24

Groza L.: **Die Verwendung von Digitalrechnern und des Verfahrens der Trennung von Knotenopunkten bei der Lösung aktueller Stabilitäts- und Regelungsaufgaben.**

Anhand von konkreten Beispielen werden einige Ergebnisse betreffend den Einsatz des Rechners CIFA-2 des Atomphysikalischen Instituts der Akademie der R.V.R. und des vom Ing. P. Dimo ausgearbeiteten Verfahrens der Trennung von Regelungsaufgaben mitgeteilt.

Es wird festgestellt, dass bei Verwendung von Digitalrechnern und neuer Verfahren zur Untersuchung elektrischer Verbundnetze die Mittel zur Verfügung stehen, die eine weitgehende und schnelle Untersuchung gestatten, so wie sie für die Lösung der immer komplizierteren Aufgaben erforderlich sind, die von unserem nationalen Netz und dem internationalen Verbundbetrieb gestellt werden.

Die ersten auf diesem Wege erzielten Ergebnisse zeigen die besonderen Vorteile derartiger Verfahren auf, sowohl hinsichtlich Genauigkeit und Zeitaufwand, als auch hinsichtlich der im Vergleich zu den klassischen Verfahren der Netzuntersuchung höhergestellten qualitativen Möglichkeiten.

Energetica *8* (1960) H. 7, S. 298—311

DK 621.316.1.001.24

Petroianu, A.: **Vergleich der Transfigurations- und Matrizialverfahren für die Berechnung vermaschter elektrischer Netze**

Das für die Berechnung vermaschter Netze verwendete Transfigurationsverfahren entspricht mathematisch dem Gauss'schen Algorithmus zur Lösung linearer Gleichungssysteme.

Die beiden Verfahren werden hinsichtlich der Anzahl der erforderlichen Operationen verglichen wobei die günstigsten Anwendungsgebiete angegeben werden.

Energetică 8 (1960), H. 7, S. 312–316

DK 662.62.004.1

I. Carabogdan, N. Pănoiu und *G. Singer*: **Kriterien für die energiewirtschaftliche Bewertung fester Brennstoffe**

Nach einer Übersicht über die für die Einordnung fester Brennstoffe üblichen Begriffe werden komplexe Kriterien für deren Klassifizierung insbesondere hinisichtlich des Verhaltens bei der Verfeuerung angegeben. Es wird nachgewiesen, wie mittels energiewirtschaftlicher Kriterien für die Bewertung fester Brennstoffe die günstigste Bauart der Feuerung für eine bestimmte Art Brennstoffe angegeben werden kann.

Energetica, *8* (1960) H. 7, S. 316—320

DK 621.316.935.027.3

Haţeganu, I.: **Nullpunkterdung im 35 kV-Netz Hunedoara**
Energetica *8* (1960) H. 7, S. 320—323

DK 662.69

Dinulescu, C.: **Verbesserung der Verfeuerung gasförmiger Brennstoffe in Kraftwerken — Ergebnisse und Vorschläge**
Energetica *8* (1960) H. 7, S. 324—325

ERFAHRUNGSAUSTAUSCH

DK 621.311.22.004.15

Miliţescu, Gh.: **Ergebnisse der wirtschaftlichen Betriebsführung des Wärmekraftwerkes Paroşeni**
Energetica, *8* (1960) H. 7, S. 326—328

AUS DER PRODUKTION, 328
DISKUSSIONEN, 329
CHRONIK, 330–333
SCHRIFTTUM, 333–336

SOMMAIRE

x x x : **Le 3-ème Congrès du Parti Ouvrier Roumain — un important évènement dans la lutte et le travail du peuple roumain pour l'édification du socialisme.**
Energetica *8* (1960) no. 67, p. 289—292

CD 621,311.1
Gheorghiu N. : **Les perspectives d'avenir de l'électrification dans la République Populaire Roumaine, considérées sous le jour des résolutions de portée historique du 3-e Congrès du Parti Ouvrier Roumain.**
Energetica *8* (1960) no. 7, p. 293—297

CD 621.311.1 ;518.001.24
Groza L. : **L'utilisation du calculateur numéral et de la méthode de la séparation des noeuds dans les problèmes actuels de stabilité et de réglage.**

On présente quelques réalisations se rattachant à l'utilisation de la machine à calculer CIFA — 2 de l'Institut de Physique Atomique auprès de l'Académie de la République Populaire Roumaine, ainsi que la méthode de la séparation des noeuds, élaborée par l'ingénieur P. Dimo, applicable dans les problèmes de stabilité et de réglage. Suivent plusieurs exemples.

On constate qu'à l'utilisation des machines digitales et des méthodes nouvelles d'analyse des systèmes électro-énergétiques, il existe les moyens requis pour une analyse subtile et rapide et nécessaires à la résolution des problèmes de plus en plus compliqués qui se posent pour notre réseau national, ainsi que pour les interconnexions internationales.

Les premiers résultats obtenus par cette voie font voir les avantages particuliers de l'utilisation des méthodes pareilles, aussi bien en ce qui concerne l'exactitude et la rapidité, que du point de vue de leur qualité, supérieure aux méthodes classiques d'analyse des réseaux électriques.
Energetica *8* (1960) no. 7, p. 298—311

CD 621.316.1.001.24
Petroianu A. : **Comparaison entre la méthode de la transfiguration et la méthode matricielle pour le calcul des réseaux électriques en boucle.**

On montre que la méthode de la transfiguration utilisée dans le calcul des réseaux en boucle, correspond du point de vue mathématique à l'algorithme gaussien pour la solution des systèmes d'équations linéaires. On met en parallèle ces deux méthodes du point de vue du nombre des opérations nécessaires, tout en indiquant les domaines d'utilisation optima.
Energetica *8* (1960) no. 7, p. 312—316

CD 662.62.004.1
Carabogdan I., Pănoiu N. et *Singer G.* : **Critériums d'appréciation énergétique des combustibles solides.**

Aprs avoir passé en revue les critériums usuels de classification des combustibles solides, on donne plusieurs critériums complexes pour la classification de ceux-ci, particulièrement du point de vue de leur comportement pendant la combustion.

On montre comment, à l'aide des critériums d'appréciation énergétique des combustibles solides, il est possible de fixer la type optimum d'installation pour la combustion d'une certaine espèce de combustibles.
Energetica *8* (1960) no. 7, p. 316—323

CD 62 .3 6.€35 027.3
Haţeganu I. : **Le traitement du neutre dans le système de 35 kV, Hunedoara**
Energetica *8* (1960) no. 7, p. 320—323

CD 662.69
Dinulescu C. : **L'amélioration de la combustion des gaz dans les Centrales électriques — réalisations et propositions.**
Energetica *8* (1960) no. 7, p. 324—325

ÉCHANGE d'EXPÉRIENCE

CD 621.311.22.00415
Miliţescu Gh. : **Les résultats de l'exploitation économique de la Centrale thermo-électrique de Paroşeni**
Energetica *8* (1960) no. 7, p. 326—328

NOUVELLES DE NOS USINES, 328
DISCUSSIONS, 329
CHRONIQUE, 330—333
DOCUMENTATION, 333—336

CONTENTS

x x x : **The 3rd Congress of the Rumanian Workers' Party — a significant event in the struggle and labour of the Rumanian people for building-up Socialism.**
Energetica *8* (1960), no. 7, p. 289—292

DC 621.311.1
Gheorghiu N. : **The future prospects of the electrification in the Rumanian People's Republic, considered in the light of the historical resolutions of the 3rd Congress of the Rumanian Workers'Party.**
Energetica, *8* (1960), no. 7, p. 293—297

DC 621.311.1 ;518,001.24
Groza L. : **The use of the digital computer and of the node separation method in the topical problems of stability and regulating.**

Several achievements are presented connected with the use of the computing machine CIFA-2 of the Institute for Atomic Physics under the Academy of the Rumanian Peolple's Republic and of the nodes separation method, elaborated by the engineer P. Dimo, in stability and regulating problems. Some examples are added.

It is ascertained that at the use of digital computers and of the methods of analyzing electrical energy systems, there exist the necessary means for a fine and speedy analysis, required for solving the more and more complicated problems that arise for our national network as well as for international cross-connections. The first results obtained in this way show the particular advantages of the utilization of such methods in respect of accuracy and rapidity, as well as from standpoint of their qualities that are superior to the classical methods of analysis of electrical networks.
Energetica, *8* (1960) no.7, p. 298—311

DC 621.316.1.001.24
Petroianu A. : **Comparison between thw transfiguration method and the matrix method for calculating looped electrical networks.**

It is shown that the tansfiguration method used in the calculus of looped networks, corresponds mathematically to Gaussian algorithm for solving the linear equation systems. Both systems are compared from standpoint of the necessary number of operations, the optimum range of application being indicated as well.
Energetica, *8* (1960), no 7, p. 312—316

DC 662.62.004.1
Carabogdan I., Pănoiu N. and Singer G. : **Criteria for the energetic estimation of solid fuels.**

After reviewing the usual classification criteria of solid fuels, the authors give some complex criteria for their classification, particularly from the viewpoint of their behaviour during combustion.

It is shown, how it is possible, with the aid of the criteria for the energetic estimation of solid fuels, to establish the optimum type of installation for the combustion of a certain rank of fuel.
Energetica, *8* (1960), n,.7o. p. 316—320

DC 621.316.935.027,3
Haţeganu I. : **The treatment of the neutral in the 35 kV system of Hunedoara**
Energetica, *8* (1960) no . 7, p. 320—323

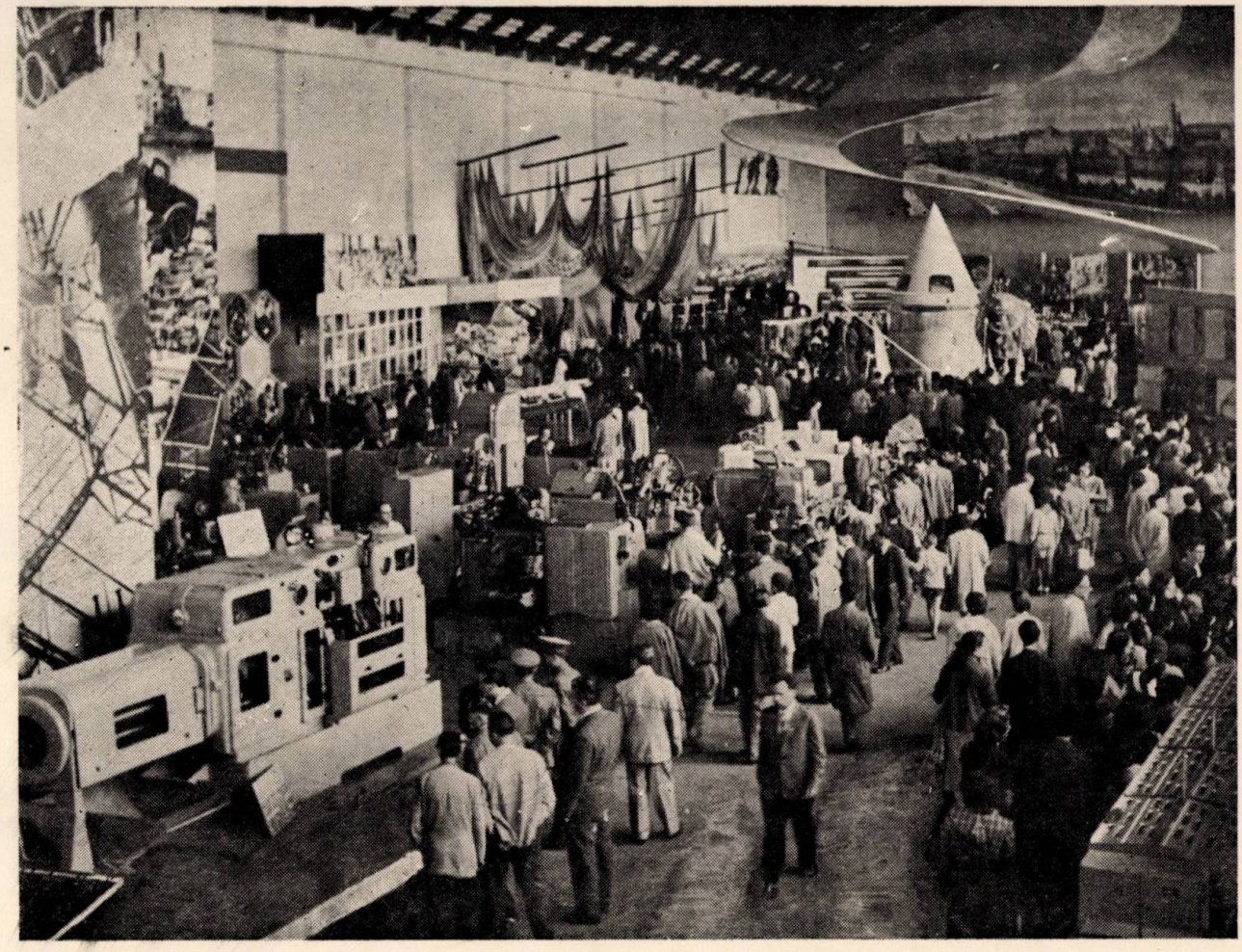
DC 662.69
Dinulescu C. : **Improving the gas combustion at the electrical power stations. Achievements and suggestions.**
Energetica, *8* (1960), no. 7, p. 324—325

EXCHANGE OF EXPERIENCE

DC 621.311.22.004.15
Miliţescu Gh. : **The results of the economic working of the thermoelectrical power station, Paroşeni**
Energetica, *8* (1960), no. 7, p. 326—328

NEWS FROM OUR WORKS, 328
DISCUSSIONS, 329
CHRONICLE, 330—333
DOCUMENTATION, 333—336

MUSZAKI KÖNYVTÁR 1883



Expoziția sovietică de la București

În lunile iunie — iulie 1960 a fost organizată în pavilionul din Parcul de cultură și odihnă I. V. Stalin din București expoziția sovietică. Aproape un milion de oameni ai muncii din țară și capitală care au vizitat expoziția au făcut cunoștință cu exponate care oglindesc marele succese obținute de U.R.S.S. în dezvoltarea industriei și agriculturii, științei și culturii, în ridicarea nivelului de trai al oamenilor sovietici.

O imagine concludentă a înaltului nivel al științei și tehnicii sovietice îl prezintă machetele în mărimi naturale ale celor trei sateliți sovietici și ultimei trepte a rachetei cosmice. Drumul pentru cucerirea cosmosului parcurs de savanții sovietici este înfățișat și de un stand special care cuprinde studii și lucrări din diferite domenii ale științei și tehnicii moderne.

Exponatele din secția industrială prezintă ultimele tipuri de mașini și utilaje sovietice cu înalte caracteristici tehnice. Atrag atenția în domeniul construcțiilor de mașini : linia automată MP-107 pentru strunjirea axelor cu fusuri cilindrice, strungul revolver complet automatizat cu comandă program electronică tip 1341-P, mașina de rectificat filete etc. Sînt expuse în continuare utilaje moderne destinate industriei de petrol și gaze, printre care remarcăm : o turbosuflantă, un electrobur și altele.

Exponatele din domeniul energetic prezintă un deosebit interes. Specialiștii din țara noastră au apreciat în mod deosebit macheta cazanului cu circulație forțată de 660 t/h*), care confirmă remarcabilele succese obținute de U.R.S.S. în construcția de cazane energetice. Industria radioelectrotehnică este reprezentată pe larg : aparatele electronice, stațiile de radio, aparatele de radiorecepție, camerele de televiziune, televizoarele au fost cercetate cu multă atenție de vizitatori. De un mare interes s-au bucurat exponatele în standul secției optice : microscoape originale, aparate spectrale, tipuri moderne de aparate de fotografiat și de cinematografie etc.

De un succes deosebit s-au bucurat exponatele care înfățișează creșterea bunăstării oamenilor sovietici. Vizitatorii romîni au putut admira cele mai diferite bunuri de consum realizate cu un deosebit simț al esteticului.

Pe platformele din jurul pavilionului central au fost expuse mașini agricole, utilaj minier, autocamioane, tractoare, excavatoare și alte mașini grele precum și noile modele de autoturisme Ceaika, Zil-111, Moskvici etc. Elicopterele KA-18 și MI-4 cu calități tehnice remarcabile au fost apreciate de vizitatori și cu ocazia zborurilor de agrement deasupra Bucureștiului.

Expoziția sovietică de la București a reușit să prezinte vizitatorului romîn o imagine fidelă a marilor realizări obținute de U.R.S.S. pe drumul construcției comuniste.

---

*) A se vedea cronica de la pag. 330.

I P 2 — c. 2139

OFICIUL NAȚIONAL DE TURISM

Carpați

organizează

- Excursii în cele mai frumoase regiuni ale Romîniei
- Vacanțe turistice la munte și pe litoralul Mării Negre

E 2039

ENERGETICA

8

Energetica — Vol. 8 — august

nr. 8/1960 — p. 337-380 — Bucureşti

1960

Recomandări privind întocmirea articolelor tehnico-ştiinţifice

1. FONDUL ARTICOLELOR

1.1. **Lucrările** ce pot fi prezentate spre publicare sînt:

1.1.1. *de importanţă generală* (principii noi, dispoziţii noi, rezultate experimentale originale, studii teoretice inedite, ale unor fenomene fizice şi procese tehnice cu caracter general);

1.1.2. *tehnico-ştiinţifice speciale, teoretice sau experimentale,* avînd contribuţii originale, dar referindu-se la un domeniu de specialitate restrîns (extinderea valabilităţii unor dispoziţii, aplicarea unor teorii sau metode cunoscute la o problemă nouă, rezultate experimentale inedite sau de control);

1.1.3. *tehnice obişnuite* (expunerea studiului unor probleme tehnico-ştiinţifice, discuţii şi critici ale unor rezultate cunoscute etc.).

1.2. **Legătura cu practica** muncii de cercetare, proiectare, învăţămînt, producţie, este condiţia esenţială pe care trebuie să o îndeplinească tema tratată. Lucrările de sinteză sau de discuţie trebuie să se refere la probleme noi şi actuale, de interes general. Articolele interesînd industria vor cuprinde consideraţii privind eficienţa economică a soluţiilor. Se recomandă ca articolele să cuprindă propuneri de viitor.

1.3. **Verificarea experimentală** se impune ca necesitate de prim ordin la lucrările care se pretează la asemenea verificări.

1.4. **Lucrările** care au mai fost publicate integral sau parţial nu pot fi trimise redacţiei spre publicare.

2. FORMA ARTICOLELOR

2.1. **Organizarea lucrării**

2.1.1. *Titlul* va reprezenta în minimum de cuvinte, obiectul lucrării.

2.1.2. *Numele* autorului va fi precedat de prenume.

2.1.3. *Un scurt rezumat* fixînd premizele de la care s-a pornit, problema studiată şi cadrul în care este tratată, nedepăşind 6—8 rînduri, se va anexa lucrării.

2.1.4. *Împărţirea* pe capitole se va face cu cîteva subtitluri potrivit alese, în număr strict necesar pentru o expunere clară a ideilor şi înlesnirea orientării.

2.1.5. *Textul.* În introducere, se încadrează problema în preocupările generale ale disciplinei şi în preocupările producţiei; de asemenea, se arată scopul lucrării, subliniindu-se expres contribuţia autorului. Tratarea va trebui să fie unitară, permiţînd inteligibilitatea fără dificultăţi a problemelor. Se vor evita introduceri sau demonstraţii voluminoase; de asemenea, se va evita repetarea în text a ceea ce poate fi găsit în literatura publicată sau poate fi redat intuitiv prin materialul grafic-ilustrativ, tabele etc.

2.1.6. *Concluziile* vor concentra rezultatele obţinute, cu indicarea limitei de valabilitate şi aplicaţiile posibile.

2.1.7. *Anexele* pot cuprinde demonstraţii originale sau absolut necesare înţelegerii formulelor din text; de asemenea, în anexe se pot da exemple de calcul în cazul articolelor care necesită asemenea exemple.

2.1.8. *Citarea literaturii de specialitate.* Afirmaţiile luate din alte lucrări şi care nu sînt general cunoscute vor fi referite la lista bibliografică de la sfîrşitul lucrării. Referirea se face indicîndu-se poziţia lucrării în lista bibliografică, în paranteze drepte.

2.2. **Prezentarea lucrării**

2.2.1. *Nivelul* articolelor va fi înalt.

2.2.2. *Stilul.* Redactarea va fi clară şi concisă. Ortografia va fi în concordanţă cu regulile Academiei R.P.R. Nu se admit prescurtări cu excepţia celor unanim cunoscute.

(Continuare pe coperta III)

ENERGETICA

ANUL 8 Nr. 8 AUGUST 1960

CUPRINS

Pentru ridicarea continuă a nivelului tehnic al producției
Energetica 8 (1960), nr. 8, p. 337—339

CZ 621.311.1(498)
A. Schwefelberg : **Dezvoltarea electrificării în Republica Populară Romînă**
Energetica 8 (1960), nr. 8, p. 340—341

CZ 620.9
I. I. Saphier : **Contribuții pentru întocmirea unei metodologii de elaborare a balanței energetice generale**

Articolul se ocupă de o problemă de politică energetică, și anume elaborarea balanței energetice generale. Din examinarea schemei gospodăriei energetice generale se pot distinge trei secțiuni cărora le corespund trei balanțe : balanța energetică primară ; balanța energetică intermediară și balanța energetică finală.

Autorul propune folosirea metodelor contabilității financiare, recomandînd sistemul contabilității normate industriale cu terminologia respectivă. Articolul conține și o exemplificare de aplicare a metodologiei propuse.
Energetica 8 (1960) nr. 8, p. 342—348

CZ 621.316.1.052.4 :621.3.016.35
P. Dimo : **Analiza nodală utilizînd curenții de scurtcircuit în cazul rețelelor complexe**

În acest articol, autorul arată căile de combinare a metodei analizei grafice (propusă anterior de autor) și folosită în prezent în țara noastră cu calculatorul electronic în anumite situații speciale.

După ce reamintește elementele de bază ale metodei analizei nodale, autorul ca exemplu arată cum poate fi adoptată în cazul rețelelor complexe (cu bucle) calculul efectuat de L. A. Jukov în lucrarea „Stabilitatea lucrărilor electrice" a lui P.S. Jdanov și îl reface prin metoda sa. În continuare se arată caracteristicele metodei în în cazul rețelelor complexe cu bucle și legături multiple între noduri și enunță posibilitatea de combinare a metodei cu calculatorul numeric.
Energetica 8 (1960) nr. 8, p. 349—359

CZ 621.311.22.001.1
V.I. Nitu și *N. Vasilescu* : **Actualele tendințe în proiectarea centralelor termoelectrice din R.P.R.**

În lucrare se face o enumerare a principiilor directoare ce trebuie imprimate în proiectarea viitoarelor centrale termoelectrice din țara noastră, bazate pe experiența și tendințele ce există în alte țării dezvoltate din punct de vedere industrial.
Energetica 8 (1960) nr. 8, p. 359—365

CZ 621.316.1.052.4 :621.3.016.31
A. Petroianu : **Determinarea circulațiilor de putere într-o rețea buclată cu ajutorul calculului matricial**

Autorul studiază aspectele teoretice ale problemelor ridicate de stabilirea regimului de tensiuni, a circulației de puteri active și reactive și a pierderilor într-o rețea buclată, așa cum este rețeaua de înaltă tensiune a sistemului energetic al R.P.R.

În locul metodei iterative Gauss-Seidel se folosește o metodă de rezolvare directă a sistemelor de ecuații lineare (metoda Cholesky a rădăcinilor pătrate) care oferă avantaje pentru rezolvarea matricei inverse.
Energetica 8 (1960) nr. 8, p. 366—374

CZ 621.187.12
L. Stanisavlievici : **Demineralizarea apei și vaporizarea în trepte. Aspecte teoretice și practice din domeniul presiunilor înalte**

Autorul publică considerații teoretice și practice bazate pe experiența în domeniul tratării apei de adaos în centralele termoelectrice. Se face o comparație între vaporizarea în trepte și demineralizarea totală a apei.
Energetica 8 (1960) nr. 8, p. 375—377

CRONICA — RECENZII

COMITETUL DE REDACȚIE

Prof ing. **I. D. STĂNCESCU**, redactor responsabil, conf. ing. **C. MIHĂILEANU**, redactor responsabil adjunct, conf. ing. **I. A. BADEA**, prof. ing. **M. BERCOVICI**, membru corespondent al Academiei R.P.R., laureat al Premiului de Stat, ing. **M. COGALNICEANU**, conf. ing. **E. CONSTANTINESCU**, ing. **P. DIMO**, laureat al Premiului de Stat, prof. ing. **C. DINCULESCU**, membru corespondent al Academiei R.P.R., ing. **I. V. HERESCU**, conf. ing. **N. MOLDOVEANU**, prof. ing. **C. PENESCU**, ing. **T. POPA**, ing. **S. SĂNDULESCU** și ing. **P. VICOL**

Revista „**ENERGETICA**", organ al Asociației Științifice a Inginerilor și Tehnicienilor din R.P.R. și al Ministerului Industriei Grele. Redacția și Administrația, Str. Ion Ghica Nr. 3, Raion Tudor Vladimirescu, Telefon 14.15.95—14.06.24 Revista este editată de A. S. I. T. — Abonamentele se primesc la administrația revistei, la sediul filialelor și subfilialelor A.S.I.T. din întreaga țară și prin responsabilii cu presa din cercurile A.S.I.T. — Instituțiile pot achita abonamentele pentru biblioteci și cabinetele tehnice în contul nostru de virament: Publicațiile Tehnice A.S.I.T. 070124 B.R.P.R. Filiala I. V. Stalin — București citori, tehnicieni și ingineri: lei 30 anual — Prețul unui exemplar: lei 5 — Tiparul: Întreprinderea Poligrafică Nr. 2, București.

c. 2791

ENERGETICA

ANUL 8
1960
Nr. 8
AUGUST

ORGAN AL ASOCIAȚIEI ȘTIINȚIFICE A INGINERILOR ȘI TEHNICIENILOR DIN R.P.R.
ȘI AL MINISTERULUI INDUSTRIEI GRELE

Pentru ridicarea continuă a nivelului tehnic al producției

Sărbătorim anul acesta a 16-a aniversare a eliberării Romîniei de sub jugul fascist, cotitură hotărîtoare în viața poporului nostru muncitor. Acești ani care au trecut de la 23 August 1944 — perioadă relativ scurtă în viața unui popor — ani de luptă și de muncă încordată, se pot caracteriza prin descătușarea avîntului creator al maselor, care însuflețite de partidul clasei muncitoare au obținut mari realizări și succese în dezvoltarea economiei naționale, în creșterea nivelului de trai material și cultural, în construcția noii societăți lipsite de exploatare, societatea socialistă.

În prezent țara noastră a intrat într-o nouă etapă de dezvoltare, etapa desăvîrșirii construcției socialiste.

La Congresul al III-lea al Partidului Muncitoresc Romîn, ce a constituit un eveniment de însemnătate istorică în viața poporului nostru muncitor, au fost dezbătute și aprobate Directivele pentru planul de dezvoltare a economiei naționale pe anii 1960—1965 și pentru programul economic de perspectivă, care constituie un program concret, elaborat pe baza marxism-leninismului și a condițiilor concret istorice din țara noastră.

În raportul prezentat la Congres, tovarășul Gheorghe Gheorghiu-Dej a arătat că; „Obiectivul principal al planului economic pe anii 1960—1965 este dezvoltarea bazei tehnico-materiale a socialismului, încheierea procesului de făurire a relațiilor de producție socialiste în întreaga economie în vederea desăvîrșirii construcției socialiste".

Desăvîrșirea construcției socialiste presupune în primul rînd dezvoltarea bazei tehnico-materiale a noii societăți, creșterea producției de bunuri materiale necesare societății. De îndeplinirea acestei sarcini fundamentale depinde realizarea tuturor celorlalte sarcini economice și social-culturale. Iată de ce problema construcției economice a stat în centrul lucrărilor Congresului al III-lea al P.M.R. Factorul principal în dezvoltarea bazei tehnico-materiale a socialismului este progresul tehnic. Ridicarea neîncetată a nivelului tehnic al economiei naționale reprezintă o parte esențială a programului general al partidului pentru construirea socialismului la noi în țară. Încă în octombrie 1950, tovarășul Gheorghe Gheorghiu-Dej a subliniat că „pentru regimul de democrație populară, asigurarea progresului tehnic în toate domeniile economiei naționale a R.P.R. este o necesitate vitală. Construcția societății socialiste este de neconceput fără un puternic avînt al tehnicii și științei".

„Socialismul se contopește în mod organic cu tehnica și știința. Cuceririle tehnicii și științei sporesc forțele de producție ale țării și constituie o puternică pîrghie pentru întărirea puterii economice a patriei noastre, mijloc de ridicare a stării materiale și a culturii celor ce muncesc".

Datorită muncii entuziaste a maselor de muncitori, tehnicieni și ingineri, traducerii în viață de către întregul nostru popor muncitor a politicii partidului de industrializare socialistă a țării, se realizează progresul tehnic în toate ramurile economiei naționale. Succese remarcabile au fost obținute în ridicarea nivelului tehnic al producției, au fost construite fabrici și uzine înzestrate cu utilaje moderne, întreprinderile existente au fost reutilate cu mașini și agregate noi, procedee tehnologice înaintate au fost introduse în procesele de producție. Aceste acțiuni au contribuit în mare măsură la creșterea pro-

ducției industriale de peste trei ori, la dublarea productivității muncii în perioada 1950—1959, la o reducere substanțială a prețului de cost și la îmbunătățirea calității produselor.

*

În vederea îndeplinirii sarcinilor trasate de Congresul al III-lea al P.M.R. pentru dezvoltarea economiei naționale în anii șesenalului, intensificarea introducerii tehnicii noi capătă o deosebită importanță pentru realizarea unei productivități a muncii tot mai înalte și a reducerii prețului de cost al producției.

Recenta hotărîre a Comitetului Central al Partidului Muncitoresc Romîn și a Consiliului de Miniștri al R.P. Romîne cu privire la ridicarea nivelului tehnic al producției prevede o serie de măsuri importante în această direcție. Astfel, hotărîrea stabilește înființarea unui organ special — Comitetul pentru tehnică nouă — care are sarcina de a îndruma, coordona și controla activitatea legată de introducerea și extinderea tehnicii noi și de a asigura îndeplinirea măsurilor stabilite de partid și guvern pentru ridicarea nivelului tehnic în economia națională.

In scopul remedierii unor lipsuri pe care Hotărîrea le semnalează — introducerea și menținerea în fabricație a unor mașini și utilaje depășite din punct de vedere al tehnicii moderne — în viitor alegerea tipurilor de producție ce urmează a fi fabricate precum și a celor ce vor fi importate, se precizează în hotărîre, trebuie să se facă numai pe baza unor temeinice studii tehnico-economice, complete, care să justifice alegerea și economicitatea fabricației, produsele obținute trebuind să corespundă caracteristicilor tehnice ale produselor similare de înalt nivel tehnic realizate în alte țări. Este necesar ca în mod permanent, produsele aflate în fabricație curentă să fie revizuite din punct de vedere al caracteristicilor tehnico-economice, al consumului de material și manoperă pentru a fi aduse la nivelul tehnicii avansate.

Muncitorilor, tehnicienilor și inginerilor din întreprinderi, cît și proiectanților și cercetătorilor din Institute le revine sarcina importantă de a fi în permanență la curent cu toate noutățile științei și tehnicii, de a folosi cu pricepere cunoștințele și experiența lor creatoare.

În Hotărîre se prevăd o serie de măsuri pentru dezvoltarea capacității de studii, cercetare și proiectări în întreprinderi în vederea stabilirii celor mai moderne și eficace soluții și a realizării în timpul cel mai scurt a decalajului necesar între proiectare, pregătirea fabricației și execuția produselor.

Organizarea sau dezvoltarea atelierelor de prototipuri, a standurilor de probă și a laboratoarelor de cercetare și experimentare în întreprinderi vor permite perfecționarea proceselor tehnologice și îmbunătățirea calității produselor. De asemenea, întărirea acelor verigi de care depinde în mare măsură progresul tehnic, cum sînt serviciile constructorului-șef și tehnologului-șef din întreprinderi va avea o influență directă asupra ridicării nivelului tehnic al producției.

Continua dezvoltare a specializării și cooperării întreprinderilor, așa cum se arată în hotărîre, va avea o importanță deosebită în introducerea largă a progresului tehnic, iar organizarea cooperării întreprinderilor după principiul uzinei coordonatoare care răspunde de livrarea în termen, de nivelul tehnic și de calitate, va permite realizarea unor mașini și utilaje complexe de înaltă tehnicitate.

Pentru orientarea activității de cercetare tehnico-științifică înspre rezolvarea problemelor majore ale producției, hotărîrea prevede o serie de măsuri concrete care vor conduce la continua perfecționare a proceselor tehnologice, la construirea de mașini și agregate de mare productivitate.

Inițiativa creatoare a maselor are o importanță hotărîtoare în introducerea pe front larg a tehnicii noi în producție. Munca stăruitoare a muncitorilor, inginerilor, tehnicienilor, a oamenilor de știință, pasiunea lor pentru tehnică vor avea un cuvînt greu de spus în lupta pentru extinderea progresului tehnic, pentru ridicarea nivelului tehnic al producției.

*

Așa cum s-a arătat la cel de-al treilea Congres al Partidului Muncitoresc Romîn, principalele direcții ale progresului tehnic le constituie mecanizarea și automatizarea proceselor de producție. Nivelul de mecanizare al lucrărilor grele și cu volum mare de muncă va cunoaște în anii planului de 6 ani o creștere rapidă în special în industria constructoare de mașini, siderurgică, forestieră, construcții etc. În industria constructoare de mașini va fi extinsă mecanizarea la o serie de operații: prepararea nisipurilor de formare și dezbaterea pieselor în turnătorii, etc.

ceea ce va permite ca producția pe metrul pătrat să crească de 1,5—2,5 ori paralel cu îmbunătățirea calității și mărirea productivității muncii.

În aceeași perioadă mecanizarea complexă va cuprinde unele întreprinderi și secții. Noile centrale termo-electrice de mare capacitate pe bază de cărbuni vor fi complet mecanizate începînd cu transportul și descărcarea cărbunilor în depozite și pînă la evacuarea zgurii și cenușii.

În ceea ce privește automatizarea, în perioada 1960—1965 se va introduce și extinde automatizarea proceselor de producție în industria siderurgică, energetică, chimică etc. care au procese continui de fabricație.

În sectorul energetic, la toate termocentralele electrice noi va fi extinsă automatizarea funcționării cazanelor de aburi iar la centralele hidroelectrice vor fi introduse automatizări și telecomenzi.

În anii planului de 6 ani industria energetică va cunoaște o dezvoltare cu totul deosebită. Principalele direcții ale progresului tehnic, mecanizarea și automatizarea proceselor de producție nu sînt posibile fără electrificare. Se știe că electrificarea accelerează procesele de producție, sporește productivitatea muncii, îmbunătățește și ușurează condițiile de muncă. Față de importanța electrificării pentru economia națională s-a prevăzut ca producția de energie electrică să crească într-un ritm mai rapid decît ansamblul industriei, pentru a putea satisface necesitățile tuturor ramurilor economiei și a permite introducerea și extinderea tehnicii noi prin electrificarea, mecanizarea și automatizarea proceselor de producție.

Creșterea rapidă a producției de energie electrică va permite în anii șesenalului extinderea proceselor electro-tehnologice în industrie în paralel cu electrificarea căilor ferate și a unor procese din agricultură. Datorită dezvoltării producției de energie electrică se vor putea fabrica unele materiale, de pildă aluminiu, ale căror procese de producție cer cantități mari de energie electrică, precum și oțelul electric, a cărui producție va crește în 1960—1965 de aproape două ori.

Hotărîrea Comitetului Central al Partidului Muncitoresc Romîn și a Consiliului de Miniștri al R.P.R. cu privire la pregătirea și promovarea cadrelor tehnice, economice și de cercetare științifică, precum și la îmbunătățirea salarizării lor este menită să asigure intensificarea ritmului de pregătire a cadrelor tehnice și economice de care are nevoie economia națională în plină dezvoltare.

Directivele Congresului al III-lea al Partidului Muncitoresc Romîn cu privire la planul economic de 6 ani și la programul de dezvoltare al economiei naționale în perspectivă au trasat sarcini vaste, complexe, în legătură cu progresul tehnic, cu introducerea în toate ramurile economiei naționale a cuceririlor științei și tehnicii moderne, mecanizarea și automatizarea treptată a producției, aplicarea pe scară tot mai largă a proceselor tehnologice moderne.

Numai cadre cu o înaltă pregătire în stare să inoveze tehnica, să o ducă mereu înainte vor putea să înfăptuiască vastul program de ridicare a nivelului producției inițiat de partid.

Comitetul Central al Partidului Muncitoresc Romîn și Consiliul de Miniștri al R.P. Romîne, în vederea stimulării activității în producție și în scopul intensificării ritmului de pregătire a cadrelor tehnice și economice, au hotărît majorarea în medie cu 20% a salariilor inginerilor, maiștrilor, tehnicienilor, cadrelor economice de conducere tehnică și economică precum și ale cadrelor de cercetare științifică și de proiectare.

În perioada 1960—1965, perioadă hotărîtoare în desăvîrșirea construcției socialiste în țara noastră, progresul tehnic, ridicarea nivelului tehnic al producției, vor constitui principalul factor care va permite ca productivitatea muncii să sporească cu 60—65%.

Traducerea în viață a Rezoluției Congresului al treilea al P.M.R. și a sarcinilor trasate prin Hotărîrea Comitetului Central al P.M.R. și a Consiliului de Miniștri cu privire la rdicarea nivelului tehnic al producției va determina dezvoltarea multilaterală a economiei naționale și prin aceasta va contribui la obținerea victoriei istorice a socialismului în întrecerea pașnică cu capitalismul.

Dezvoltarea electrificării în Republica Populară Romînă

ing. *A. SCHWEFELBERG*
Directorul Electrificării din M.I.G. – Direcția Generală a Energiei Electrice

Raportul prezentat de tovarășul Gheorghe Gheorghiu-Dej la cel de al III-lea Congres al Partidului Muncitoresc Romîn a înfățișat tabloul realizărilor istorice obținute de oamenii muncii din țara noastră în opera de construire a socialismului, precum și luminoasele perspective care ne stau în față.

Aplicînd neabătut învățătura marxist-leninistă în opera de industrializare socialistă, bazată pe dezvoltarea cu precădere a industriei grele și îndeosebi a pivotului ei, construcția de mașini, partidul nostru acordă o deosebită atenție electrificării țării, ca mijlocul cel mai important pentru trecerea marii producții socialiste pe o bază tehnică nouă.

Sarcinile trasate prin planul de electrificare aprobat de partid în 1950 au fost îndeplinite și depășite. Producția de energie electrică va atinge anul acesta 7,7 miliarde kWh, depășindu-se cu 10% prevederile planului de electrificare.

Creșterea rapidă a producției de energie electrică s-a realizat în condițiile obținerii unor importante economii față de prevederile inițiale, prin realizarea producției prevăzute de energie pe baza unei puteri instalate cu cca. 750 mii kW mai redusă decît se prevedea inițial.

Structura puterii instalate în centralele electrice s-a schimbat radical.

În anul 1950 puterea instalată era fărîmițată într-un mare număr de centrale de mică putere, învechite și de parametri scăzuți. Grupurile cu o putere mai mare de 10 MW totalizau numai 14,3% din puterea instalată, iar centralele termoelectrice cu consumuri de combustibil reduse reprezentau 5% din puterea instalată.

În anul 1960 puterea grupurilor mari va reprezenta 50% din puterea instalată, iar centralele termoelectrice cu parametri ridicați 32%.

În perioada 1950—1960 s-a trecut la introducerea termoficării industriale și urbane.

Aceasta a constituit o verificare practică a eficienței termoficării pentru realizarea de economii de investiții și gospodărirea judicioasă a resurselor energetice.

Datorită concentrării producției de energie electrică în centrale puternice echipate cu grupuri de putere unitară mare și parametri ridicați, dezvoltării termoficării, precum și raționalizărilor introduse în exploatare, s-a redus consumul specific de combustibil de la 0,683 kg ce./kWh în 1956 la cca 0,500 kg c.c/kWh în 1960. Reducerile obținute în ultimii patru ani corespund unei economii de combustibil de aproape 1 milion tone combustibil convențional.

Structura producției de energie electrică după felul de energie primară utilizată se prezintă după cum urmează:

	1950 %	1960 %
— pe combustibil solid	19,6	21,4
— pe combustibil lichid	29,8	25,4
— pe combustibil gazos	42,6	48,0
— energie hidroelectrică	8,0	5,2

Urmărindu-se o utilizare cît mai rațională a resurselor energetice existente s-a tins spre mărirea ponderii energiei produse pe bază de cărbune inferior și gaze și reducerea combustibilului lichid.

Pentru a asigura condiții tehnice și economice avantajoase de alimentare cu energie electrică a consumatorilor din toate regiunile țării, s-a realizat integrarea instalațiilor în sisteme energetice regionale și apoi interconectarea acestora într-un sistem unic pe întreaga țară.

La sfîrșitul acestui an, toate centralele importante din țară vor fi interconectate și peste 90% din producția totală de energie va fi obținută din centralele interconectate.

În etapa 1951—1960 s-a realizat un ritm accelerat de construcții de linii electrice.

S-a intensificat introducerea de soluții moderne, la nivelul tehnicii avansate și în domeniul liniilor și stațiilor electrice, ceea ce a condus la obținerea unor indici tehnico-economici ameliorați. În construcția de linii electrice aeriene de înaltă tensiune, prin utilizarea pe scară largă a stîlpilor de beton, s-au economisit cantități mari de materiale. Astfel, la liniile de 110 kV față de anul 1955 consumul specific de beton s-a redus cu 60% (de la 24,5 m^3/km la 10 m^3/km) iar cel de oțel-beton și laminate cu 31% (de la 10,2 la 7,0 t/km). Aceasta a permis reducerea costului pe km de linie de înaltă tensiune în ultimii ani în medie cu 20—25% față de anul 1955. Soluțiile noi adoptate au permis o reducere simțitoare a costului stațiilor de transformare prin simplificarea schemelor de conexiuni, folosirea prefabricatelor, micșorarea volumelor clădite și a suprafețelor ocupate. Astăzi indicii de folosire a terenuîui destinat stațiilor sînt de peste 60% față de 30% la primele instalații realizate.

S-a trecut la introducerea automatizărilor și telemecanizărilor la centrale, stații și linii electrice, în vederea măririi gradului de siguranță al instalațiilor și creșterii productivității muncii.

Astăzi se utilizează pe scară largă reanclanșarea automată rapidă a liniilor, forțarea excitației generatoarelor pentru menținerea tensiunii pe barele centralelor în cazuri de producere de scurtcircuite, anclanșarea automată a rezervelor de putere, descărcarea automată a sarcinii prin relee de frecvență, autosincronizarea generatoarelor din centrale, utilizarea avertizoarelor electrice automate de formare a chiciurei pe conductoarele liniilor aeriene, etc.

Pînă în 1959 toate liniile de 110 kV și cca 340 linii cu tensiuni inferioare au fost dotate cu reanclanșare automată rapidă. Aceasta a condus la reducerea incidentelor de exploatare pe liniile de înaltă tensiune și la creșterea siguranței de funcționare a sistemului energetic. Astfel, numai în 1959, aceste dispozitive au permis să se evite ieșirea din funcțiune pe un timp mai îndelungat a liniilor, în mai mult de 1 800 de cazuri.

Productivitatea muncii a crescut prin ridicarea nivelului tehnic general al instalațiilor energetice, modernizarea și îmbunătățirea utilizării instalațiilor existente, creșterea calificării cadrelor precum și prin îmbunătățirile organizatorice aduse.

Față de anul 1950 producția de energie electrică raportată la un muncitor a crescut în 1959 în centralele și rețelele principale din sistemul energetic cu 106%.

Reducerea prețului de cost al energiei electrice realizată în perioada 1951—1959 reflectă rezultatele obținute prin introducerea tehnicii noi, prin creșterea productivității muncii și prin măsurile tehnico-organizatorice luate. În acest sector, prețul de cost al energiei electrice a scăzut în perioada 1950—1959 cu 23,5%.

Colaborarea cu țările socialiste s-a dezvoltat puternic și în domeniul energiei electrice. Ajutorul multilateral tehnic și economic primit din partea Uniunii Sovietice precum și colaborarea frățească cu celelalte țări socialiste ne-au dat posibilitatea ca în termene scurte să realizăm importante obiective energetice, echipate cu instalații corespunzătoare nivelului tehnic modern.

Un aport deosebit în realizarea planului de electrificare l-au adus organizațiile de proiectări, cercetări și studii, construcții și montaje energetice. S-au format cadre de specialiști care pot face față astăzi tuturor problemelor tehnice dificile, puse de dezvoltarea în viitor a electrificării țării.

PLANUL DE DEZVOLTARE AL ELECTRIFICĂRII ÎN ANII 1960—1965 ȘI PROGRAMUL ECONOMIC DE PERSPECTIVĂ

Realizările obținute pînă acum creează o bază puternică pentru desfășurarea pe un front mult mai larg a noii etape de electrificare a țării.

Noua etapă, conform prevederilor directivelor Congresului al III-lea al P.M.R. se caracterizează prin faptul că producția de energie electrică va crește într-un ritm mai rapid decît în perioada 1951—1960 și decît ansamblul industriei. Producția

de energie electrică va trebui să satisfacă cerințele tuturor ramurilor economice și să asigure dezvoltarea și introducerea tehnicii noi în industrie, prin electrificarea, mecanizarea și automatizarea proceselor de producție.

Se prevede ca producția de energie electrică să crească în perioada 1960—1965 de la 7,7 miliarde kWh la 18,5 miliarde kWh, ceea ce reprezintă o creștere anuală medie de cca 19% față de creșterea medie anuală de 13,8% în etapa 1950—1960.

Accelerarea dezvoltării producției de energie electrică se va baza atît pe mărirea gradului de utilizare a puterilor instalate, cît și pe extinderea unor centrale existente și construirea de centrale electrice noi. Se va atinge în 1965 o durată de utilizare a puterii instalate de 4 740 h/an, ceea ce va situa țara noastră în rîndul țărilor cu cea mai intensă folosire a capacităților de producție de energie electrică.

În perioada 1960—1965 se prevede instalarea unei puteri totale de 2 380 MW, din care cca 540 MW în extinderi de centrale existente, iar 1 840 MW în centrale noi.

Structura utilizării resurselor energetice pentru producția de energie electrică se va modifica în sensul creșterii ponderii folosirii combustibililor gazoși și solizi și a resurselor hidroenergetice și scăderii cotei combustibililor lichizi.

Pe linia utilizării raționale a combustibililor se prevede construirea unor mari centrale termoelectrice folosind lignit și amplasate în apropierea bazinelor carbonifere, ca centralele Craiova și Oradea, precum și construirea centralelor Ploești, Luduș, Tg. Mureș, și altele, care vor consuma gaze naturale.

Echiparea centralelor termoelectrice ca și extinderea de centrale se vor face în special cu grupuri cu puteri unitare mari și parametri ridicați. Astfel, se vor instala grupuri de 200 MW, 150 MW, 100 MW și 50 MW; la parametri aburului de 140 ata și 570°C.

Se va ajunge astfel la o structură modernă a puterii instalate, ilustrată prin următoarele:

— puterea centralelor mai mari de 30 MW va reprezenta peste 70% din puterea instalată totală

— puterea în grupuri de 10 MW și mai mult va reprezenta peste 75% din puterea instalată totală

— puterea în agregate avînd abur peste 135 ata va reprezenta cca. 42% din puterea instalată în centrale termoelectrice.

Din totalul puterii noi ce se va instala în centrale, mai mult de 50% va fi în grupuri de termoficare. Pentru satisfacerea programului masiv de construcții de locuințe se prevede realizarea de rețele de termoficare urbană în unele din orașele importante din țară, ca: București, Arad, Timișoara, Tg. Mureș etc.

Ca urmare a alegerii judicioase a structurii centralelor și instalării de grupuri de puteri mari și parametri ridicați, a extinderii termoficării și automatizării, precum și a măsurilor de raționalizare a exploatării ce se vor lua, se va reduce consumul specific de combustibil la 0,390 kg ce/kWh și prețul de cost al energiei electrice produse cu 34% față de nivelul anului 1959. Totodată investiția specifică în centralele electrice va scădea cu cca 30%. Indicii tehnico-economici și în special consumul specific de combustibil și consumul propriu în centrale și rețele vor atinge nivelul obținut în unele din țările cele mai avansate.

Pentru a se asigura funcționarea optimă din punct de vedere tehnic și economic a marilor centrale termoelectrice, precum și condiții superioare de siguranță a sistemelor, se va trece mai intens la amenajarea de uzine hidroelectrice cu caracter de vîrf, care să poată prelua variațiile de sarcină ale consumatorilor.

Studiile efectuate pînă în prezent asupra potențialului hidroenergetic au indicat amenajările cele mai economice de pe cursurile noastre de apă interioare.

Aplicarea principiilor moderne de amenajare a rîurilor, precum și experiența căpătată la proiectarea și construcția marii centrale hidroelectrice de la Bicaz permit să se prevadă o reducere a costului kilowatului instalat al uzinelor hidroelectrice cele mai economice cu mai mult de jumătate față de costul centralelor hidroelectrice realizate în etapa 1950—1960 și să se scurteze sensibil durata lor de execuție.

Construcția centralei hidroelectrice V. I. Lenin-Bicaz care dispune de un important lac de acumulare, un șantier puternic cu cadre calificate și care este dotată cu utilaje de construcție corespunzătoare, creează premizele amenajării integrale a rîului Bistrița, în aval de această centrală pînă la Bacău, în condiții economice avantajoase.

Cele 10 centrale hidroelectrice care se vor construi pe acest sector vor avea o putere instalată totală de 160 MW și o producție de energie electrică anuală de 750 milioane kWh.

Construcția acestor centrale se încadrează în amenajarea complexă a rîului Bistrița care, pe lîngă producerea energiei electrice și asigurarea cu apă a complexelor industriale de la Săvinești și Roznov, va conduce la ridicarea nivelului material și cultural al întregii regiuni.

În conformitate cu Directivele Congresului al III-lea al PMR., cca. 20% din puterea nou instalată pînă în 1965 se va realiza în centrale hidroelectrice. În cadrul acestei cote, pe lîngă lucrările de mai sus, se studiază în prezent alegerea unei amenajări de vîrf de mare putere. Există toate premizele pentru a pune în funcțiune pînă în 1965 prima etapă a acestei amenajări, cu indici energo-economici deosebit de avantajoși.

Creșterea considerabilă a puterii și energiei electrice produse și consumate necesită o dezvoltare corespunzătoare a rețelelor electrice de transport și distribuție pentru a se putea alimenta din sistemul interconectat consumatorii de pe întreg teritoriul țării.

Tensiunea maximă de 110 kV a sistemului energetic național devine insuficientă și este necesară realizarea unor artere puternice la tensiuni superioare de 220 kV și 400 kV

Rețeaua de 110 kV se va dezvolta în continuare pentru racordarea la sistem a noilor centrale electrice și a tuturor centrelor care pînă în prezent nu au fost racordate.

O atenție specială va fi acordată dezvoltării rețelelor de 35 kV și 15 kV pentru a permite alimentarea din sistem a tuturor centrelor urbane, electrificarea a peste 4 000 de sate și intensificarea acțiunii de electrificare a agriculturii.

Se prevede un ritm mai rapid de dezvoltare a rețelelor de distribuție urbană.

Pentru asigurarea transportului și distribuției energiei electrice se vor construi pînă în anul 1965 peste 23 000 km linii electrice, cu tensiuni de la înaltă și foarte înaltă tensiune, din care o mare parte vor servi pentru alimentarea consumatorilor din mediul rural.

În cadrul acestei dezvoltări a rețelelor electrice se vor realiza numeroase stații și posturi de transformare, puterea lor instalată trebuind să crească în perioada 1960—1965 de la 3 500 MVA la cca. 8 000 MVA.

Prin simplificarea și ameliorarea soluțiilor constructive pentru linii și stații electrice, se prevede să se obțină costuri specifice sensibil mai mici decît în perioada 1954—1959.

Pentru funcționarea sigură și economică a sistemului energetic național se prevede dotarea acestuia cu instalații de dispecing și mijloace de reglaj automat corespunzătoare.

Pentru anul 1975 se prevede ca producția de energie electrică în țară să ajungă la 65—70 miliarde kWh, ceea ce reprezintă de cca 60 de ori producția din 1938. Acest nivel va asigura energia necesară industriei în condițiile proceselor tehnologice celor mai moderne, electrificarea agriculturii, a principalelor căi ferate, a tuturor orașelor și satelor din țara noastră. Pe cînd în 1938 revenea pe fiecare locuitor al țării o producție anuală de energie electrică de 74 kWh, în 1975 aceasta se va ridica la cca 3 200 kWh, valoare care va situa țara noastră în rîndul țărilor avansate din punct de vedere energetic.

Realizarea nivelului înalt de producție de energie electrică necesită o dezvoltare de mari proporții a instalațiilor pentru producerea, transportul și distribuția energiei electrice. În acest scop, rămîne ca o sarcină a institutelor noastre de a întocmi studiile corespunzătoare pentru stabilirea soluțiilor celor mai avantajoase.

Se va ajunge astfel la înzestrarea țării cu o energetică modernă, la nivel tehnic înalt și cu indici tehnico-energetici superiori.

Mărețele obiective trasate pentru dezvoltarea electrificării țării prin planul de dezvoltare al economiei naționale pe anii 1960—1965 și prin programul economic de perspectivă însuflețesc pe oamenii muncii din sectorul energiei electrice, care sub conducerea partidului vor munci cu abnegație pentru realizarea și depășirea sarcinilor fixate pentru înflorirea patriei noastre socialiste.

Contribuţii pentru întocmirea unei metodologii de elaborare a balanţei energetice generale

Ing. IGNAT I. SAPHIER

Măreţul plan de dezvoltare a economiei noastre naţionale pe anii 1960—1965 expus în Raportul tov. Gheorghe Gheorghiu-Dej, discutat şi aprobat de Congresul al III-lea al P.M.R., pune în faţa oamenilor muncii sarcini mari, a căror rezolvare, sub conducerea înţeleaptă a Partidului va duce la o creştere rapidă a forţelor de producţie, în vederea desăvîrşirii construcţiei socialiste în R.P.R. Acest plan este prima etapă a programului de perspectivă a economiei naţionale pînă în anii 1975, cînd bunăstarea poporului nostru muncitor se va ridica la un înalt nivel, demn de epoca socialismului victorios.

Cantităţile de energie necesare asigurării acestui grandios program cresc corespunzător, producţia de combustibil în 1965 ajungînd la nivele de circa 12 milioane tone cărbuni, peste 13 miliarde m^3 gaz metan şi peste 12 milioane tone ţiţei extras. Producţia de energie electrică va atinge 18,5 miliarde kWh în 1965 şi 65—70 miliarde kWh în 1975.

În aceste condiţii, cît mai justa folosire a resurselor energetice capătă o importanţă din ce în ce mai mare, politica energetică trasată de Partid şi Guvern trebuind să fie respectată cu cea mai mare stricteţe.

În vederea determinării detaliilor politicii energetice în perspectivă lungă, cercetătorilor le revine sarcina de a găsi metode de analiză a gospodăriei energetice. În articolul de faţă se face o propunere de metodologie pentru întocmirea unei balanţe energetice generale de perspectivă, instrument de bază, pentru elaborarea politicii energetice.

*

Balanţa energetică generală (complexă) trebuie să cuprindă într-un singur tot întreaga gospodărie energetică: resursele primare de energie, diverşii purtători de energie şi consumurile finale de energie, toate acestea fiind puse în interdependenţa lor firească. În felul acesta se poate spune cu drept cuvînt că o astfel de balanţă energetică generală reprezintă imaginea energeticei generale, dînd posibilitatea unei vederi de ansamblu asupra structurii întregii gospodării energetice. Din acest punct de vedere, balanţa energetică generală devine instrumentul de bază pentru elaborarea politicii energetice. Lucrările de elaborare a politicii energetice nu se limitează însă numai la considerarea factorilor energetici ci trebuie să aibă în vedere toţi factorii care acţionează în economia naţională şi anume trebuie să ia în considerare şi factorii economici, sociali şi politici. Elaborarea unei politici energetice juste în condiţii de loc şi timp date, este o operaţie foarte complexă şi anevoiasă. Din această cauză nu trebuie supraestimat rolul balanţei energetice generale, care, oglindind doar influenţa factorilor energetici, rămîne totuşi instrumentul de bază pentru elaborarea politicii energetice, fără însă a putea da criteriile hotărîtoare în această privinţă.

Structura gospodăriei energetice nu rămîne constantă în timp, ci evoluează în funcţie de rezervele de energie primară cunoscute, de stadiul tehnicii, de cantitatea totală de energie necesară economiei naţionale, de mărimea şi structura consumurilor care cer un anumit purtător obligat de energie etc. Lipsa unei politici energetice face ca structura gospodăriei energetice să evolueze la întîmplare sau ca urmare a unor situaţii momentane şi deci să nu poată să evolueze în conformitate cu interesele de perspectivă ale economiei naţionale. Existenţa unei politici energetice stabilite permite ca această evoluţie să se facă pe linii conştient trasate, chiar dacă în anumite intervale de timp, ca urmare a unor situaţii de moment, intervin abateri într-un sens sau altul de la aceste linii. Tocmai din cauza acestor situaţii de moment care apar în mod inevitabil, politica energetică trebuie să se elaboreze pentru un interval de timp mai lung pentru a înlătura influenţa abaterilor mai sus amintite. Politica energetică, ţinînd seama de stadiul şi tendinţele de dezvoltare ale tehnicii precum şi de toţi factorii care acţionează în economia naţională, trasează liniile directoare şi căile respective pentru evoluţia structurii gospodăriei energetice într-un interval de cîteva cincinale.

Balanţa energetică generală, ca imagine a structurii gospodăriei energetice şi ca instrument principal pentru elaborarea politicii energetice, va trebui întocmită atît pentru un an de bază, redînd situaţia de la care se pleacă, cît şi pentru anul final al perioadei de perspectivă considerate — eventual şi pentru unii ani caracteristici intermediari — redînd situaţia către care se tinde. De asemenea, pentru urmărirea realizării politicii energetice şi pentru obţinerea unor date statistice pe un şir consecutiv de ani, balanţa energetică este bine să

se întocmească anual odată cu darea de seamă a realizărilor. În felul acesta, după cum se referă la un an trecut sau la unul de perspectivă, balanța energetică generală este în primul caz o balanță legată pe date de realizări certe, iar în al doilea caz o balanță de perspectivă. Aceasta din urmă trebuie să prindă și să indice tendințele generale de evoluție a structurii gospodăriei energetice pe baza planurilor de perspectivă privind dezvoltarea diferitelor ramuri ale economiei naționale. Elaborarea unei balanțe energetice generale de perspectivă, înseamnă de fapt elaborarea unui plan de perspectivă privind reconstrucția întregii economii energetice.

Balanța energetică generală privind anul de referință sau un an trecut nu trebuie privită decît ca un instrument ajutător pentru elaborarea balanței energetice generale de perspectivă. În consecință, metodologia de întocmire a unei balanțe energetice generale — ținînd seama de scopul final, adică de obținerea unui instrument pentru elaborarea politicii energetice — trebuie să se axeze pe cerințele și specificul unei balanțe de perspectivă și deci și balanța referitoare la un an trecut trebuie să împrumute acest caracter. Desconsiderarea acestui lucru în cele mai multe din lucrările de întocmire a balanțelor energetice generale, — adică pornindu-se de la balanța „post festum", — duce la faptul că balanțele energetice generale astfel întocmite să nu poată servi decît parțial scopului final. În felul acesta, balanțele energetice generale au ca urmare o mare complexitate și prezintă o rigiditate, — de fapt numai aparentă, — dar care face ca ele să fie greu de mînuit. De asemenea prinderea în balanță a acelor purtători de energie care părăsesc sfera energetică (materii prime pentru chimizare, produse necombustibile ca solvenți, uleiuri, bitum, parafină etc.) nu este nici suficient de netă și nici generală. Reprezentarea balanței energetice generale într-o diagramă Senky trebuie să fie considerată doar ca un mod de prezentare final și general, dar, în măsura în care tinde să cuprindă toate elementele, devine atît de încîlcită încît pierde principala ei calitate, claritatea.

În puținele lucrări publicate referitor la balanțele energetice generale, se dau mai mult rezultatele decît metodologia folosită, iar aceste rezultate fiind date în tabele sau diagrame sintetice nu permit să se deducă metodele de întocmire a balanțelor. În general se folosesc tabele, însă complexitatea unei balanțe energetice generale nu poate fi prinsă în tabele decît făcînd o serie de concesii ceea ce duce la obținerea unor balanțe care — așa cum s-a mai arătat — nu pot servi decît parțial scopului final. O încercare interesantă de sistematizare a apărut în 1950, împărțind balanța generală în patru: balanța primară, balanța intermediară (a transformărilor), balanța secundară (a consumului) și balanța finală, făcînd și o propunere de clasificare folosind sistemul zecimal.* Această propunere nu a fost însă adoptată, prezentînd și ea multe inconveniente, are însă meritul că permite în special urmărirea lanțurilor energetice, deci analiza pe verticală.

De asemenea s-a pus problema dacă balanța energetică este bine să fie închisă sau deschisă. Astfel într-un articol recent** se pledează pentru balanțe deschise pe motivul că din punct de vedere al consumului, energia din diverșii purtători de energie nu poate fi considerată ca echivalentă. Fiind de acord cu motivul, autorul prezentului articol nu este de acord cu balanța deschisă. Balanța energetică generală trebuie — ca orice balanță — să fie închisă, de asemenea să permită analiza din toate punctele de vedere, astfel încît să satisfacă și cerințele articolului mai sus amintit.

Toate aceste discuții provin din faptul că balanța energetică generală, atît de complexă, este confundată cu un tabel sau diagramă, care, în cazul cel mai bun, nu poate reda decît unilateral și trunchiat balanța însăși. Pentru a putea satisface cerințele ce se pun unei balanțe energetice generale, mijloacele folosite pînă în prezent s-au dovedit insuficiente. Nici balanța energetică propusă în ultimul timp și aplicată de pildă la întocmirea balanței energetice generale a Austriei nu poate da rezultatele scontate deoarece cu toate că energia reprezintă o măsură calitativă a unei forme de energie disponibilă la un anumit nivel energetic, ea nu poate indica decît măsura în care se pierd o serie de posibilități de transformare a energiei disponibile în lucru mecanic. Cum însă numai o mică parte din energia consumată în economie se cere sub formă de lucru mecanic, dacă s-ar folosi toate posibilitățile de transformare în lucru mecanic a căldurii ce se folosește ca atare, s-ar obține o cantitate de lucru mecanic ce nu și-ar găsi utilizare, cel puțin în stadiul actual al tehnicii, fără a mai ține seama și de considerente de economicitate. În consecință, bilanțul energetic general în prezent apare ca pur platonic.

Ținînd seama de cele expuse pînă aici, rezultă că principalele condiții ce trebuie să le îndeplinească o balanță energetică generală, în vederea satisfacerii scopului ei final arătat mai sus, sînt următoarele:

a) să corespundă cu esența fenomenelor fizico-chimice ce au loc și cu scopul folosirii diferiților purtători de energie;

---

* G. Wagener „Energiebilanz" — Bergbau u. Energiewirtschaft 8 (1950) pp 242—247.

** H. F. Mueller „Bedeutung u. Problematik von Energiebilanzen" Praktische Energiekunde 6 (1958) pp. 257—288.

b) să permită calculul indicilor caracteristici, tehnici și economici cu ajutorul cărora să se poată stabili economicitatea gospodăriei energetice în ansamblu, pe diferite secțiuni și de-a lungul diferitelor lanțuri energetice;

c) să fie clară și simplă, nu însă în dauna posibilității de analiză la adîncimea necesară unei situații de perspectivă;

d) să permită secționarea în părți astfel încît anumite secțiuni (pe verticală sau orizontală) să poată fi temporar analizate independent una de alta;

e) să țină seama de purtătorii de energie ce părăsesc sfera energetică;

f) să permită reducerea la un criteriu unic de comparație într-una din secțiuni pentru a se elimina influența diversității purtătorilor de energie.

Pe baza celor de mai sus și plecînd de la o schemă simplificată a gospodăriei energetice generale, se trece la propunerea unor principii metodologice de întocmire a balanței energetice generale.

*

Considerînd gospodăria energetică în ansamblul ei, făcînd abstracție de importul sau exportul de energie, la un capăt se vor găsi resursele energetice naturale, iar la celălalt capăt, consumul final de energie. Între aceste două extreme circulă energia odată cu diverșii purtători de energie de-a lungul multiplelor lanțuri energetice primare și secundare, unii purtători de energie părăsind sfera energetică. În figura 1 este redat tabloul unei gospodării energetice generale, fără însă ca acest tablou să fie complet, deoarece el nu cuprinde între altele părăsirea sferei energetice de către unii purtători de energie și nici lanțurile energetice secundare. De asemenea schema este mult simplificată și prin faptul că diverșii purtători de energie s-au grupat la un loc după starea lor de agregare (combustibili solizi, lichizi, gazoși etc.). Cu toate acestea se observă complexitatea acestui tablou, ceea ce face ca includerea tuturor elementelor în balanța generală să ducă la o reprezentare foarte complicată, a cărei analiză ar prezenta mari greutăți. Intrînd în complexitatea și diversitatea legăturilor, cercetătorul s-ar găsi în situația celui care intrînd în pădure, din cauza copacilor, pierde pădurea din cîmpul vizual. Totuși, analizînd acest tablou se observă că se pot efectua două tăieturi — indicate în figură — căpătîndu-se trei secțiuni care pot fi analizate temporar separat, ceea ce aduce o primă simplificare sau, mai bine zis, sistematizarea problemei. Aceste trei secțiuni principale ale balanței energetice secundare sînt următoarele:

1. O primă secțiune, cuprinsă între resursele energetice naturale (și eventualele importuri de energie) și purtătorii primari de energie, după ce unii din purtătorii naturali de energie au suferit în prealabil unele prelucrări mecanice, termice sau chimice, fără însă a avea loc o transformare de formă a energiei cuprinse în purtătorii respectivi. Parte din purtătorii de

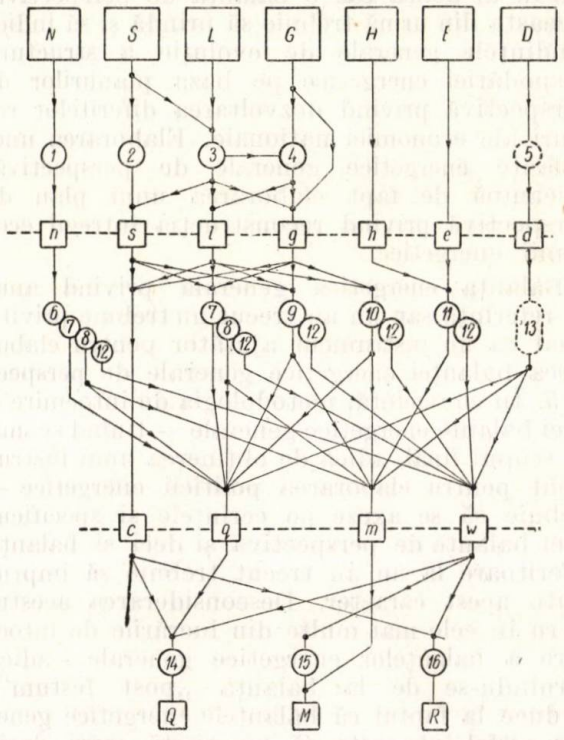


Fig. 1 Gospodăria energetică generală:

Forme și purtători de energie

Resurse naturale
- *N* Resurse nucleare (minereuri de uraniu și toriu)
- *S* „ combustibile solide (mineral și vegetal)
- *L* „ „ lichide (țiței)
- *G* „ „ gazoase (gaz metan și de sondă)
- *H* „ hidraulice (căderi de apă și maree)
- *E* „ eoliene
- *D* „ diverse (energie animală, geotermică, solară)

Purtători primari de energie
- *n* Combustibil nuclear
- *s* „ solid
- *l* „ lichid
- *g* „ gazos
- *h* energie hidraulică
- *e* „ eoliană
- *d* „ din „diverse"

Purtători finali de energie
- *c* combustibil
- *q* căldură (în abur, apă caldă, etc.)
- *m* energie mecanică
- *w* „ electrică

Consum final de energie
- *Q* energie termică
- *M* „ mecanică
- *R* „ radiantă (în special lumină)

Instalații și agregate

Producere
- *1* — Extracția, purificarea și prelucrarea combustibilului nuclear
- *2* — Prelucrarea mecanică a combustibilului
- *3* — „ termică a combustibilului
- *4* — „ chimică „ „
- *5* — „ eventuală a resurselor „diverse"

Transformare
- *6* — Reactoare nucleare
- *7* — Cazane de abur
- *8* — Turbine de abur
- *9* — Turbine de gaze
- *10* — Motoare cu ardere internă
- *11* — Turbine hidraulice și eoliene
- *12* — Generatoare electrice
- *13* — Eventuale instalații de transformare a energiei din sursele „diverse"

Consum
- *14* — Cuptoare, schimbătoare de căldură, sobe, etc.
- *15* — Motoare electrice
- *16* — Instalații producătoare de energie radiantă (în special lămpi)

energie părăsesc sfera energetică în cadrul acestei secțiuni. La baza acestei secțiuni se vor găsi calitativ și cantitativ purtătorii primari de energie care, în cadrul acestei secțiuni, rămîn mai departe în sfera energetică, parte pentru a fi transformați în continuare. Această

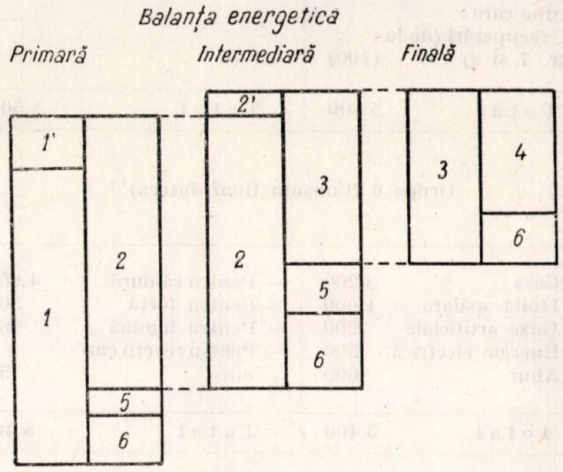


Fig. 2. Secțiunile balanței energetice generale.

secțiune cuprinde deci sectorul extractiv și prelucrător al resurselor de energie primară.

2. O a doua secțiune cuprinde eventualele transformări intermediare, prealabile consumului final. La aceste transformări forma de energie conținută în purtătorii de energie este transformată în alte forme cuprinse în purtătorii secundari sau finali de energie. Și în această secțiune, parte din purtători părăsesc sfera energetică. La baza acestei secțiuni se vor găsi deci cantitativ și calitativ purtătorii finali de energie care rămîn definitiv în sfera energetică. Această secțiune cuprinde sectorul energetic pur.

3. A treia secțiune, avînd la un capăt purtătorii finali de energie și la celălalt capăt consumul final de energie, cuprinde transformările ce au loc în instalațiile de consum final al energiei*, deci cuprinde sectorul energotehnologic.

Schematic, aceste secțiuni din balanța energetică generală sînt redate în figura 2. Se observă că balanța energetică generală se poate subdivide în trei balanțe separate, corespunzător celor trei secțiuni amintite. Aceste trei balanțe se pot numi:

1. Balanța energetică primară.
2. Balanța energetică intermediară.
3. Balanța energetică finală.

În felul acesta, satisfăcînd condiția de a putea secționa balanța, s-a căutat să se țină seamă, deocamdată în mare, și de prima condiție ce trebuie satisfăcută de o balanță energetică generală, adică să corespundă cu esența fenomenelor ce au loc și cu scopul folosirii diferiților purtători de energie, obținîndu-se și o claritate evidentă.

Soluționarea tuturor condițiilor cerute pentru o balanță energetică generală, așa cum s-a menționat, nu s-a putut realiza cu mijloacele folosite pînă în prezent. Pentru ieșirea din acest impas se face propunerea de mai jos, plecîndu-se de la considerentele următoare:

a) balanța energetică generală trebuie să fie o balanță închisă;

b) față de complexitatea ei, pentru a permite o analiză suficient de adîncă, atît elaborarea cît și prelucrarea balanței trebuie să se preteze mecanizării operațiilor;

c) prezentarea tabelară sau prin diagrame neputînd face față simultan tuturor cerințelor, trebuie să se tracă la sistemul fișelor;

d) formularele de culegere — respectiv întocmire — a datelor primare trebuie să fie cît mai simple și să se preteze și ele centralizării și prelucrării mecanice.

Cu toate că o balanță energetică generală nu este propriu-zis o balanță contabilă, diferind de aceasta atît ca fond cît și ca scop, formal ea prezintă totuși o analogie perfectă, ceea ce face să se poată folosi un model de contabilitate financiară pentru reprezentarea unei balanțe energetice generale, tot așa cum în tehnică se folosesc atîtea modele din diferite domenii pentru reprezentarea unor fenomene din cu totul alte domenii. Folosirea metodelor contabilității financiare mai are și avantajul că se întrebuințează metode de mult folosite și deci verificate în practică. Adoptînd metodele contabilității financiare pentru reprezentarea balanței energetice generale, problema ce se pune este de a alege din multiplele sisteme contabile sistemul cel mai adecvat și apoi a-l adapta cerințelor balanței energetice generale.

Dintre sistemele contabile, sistemul contabilității normate industriale se pretează cel mai bine întocmirii unei balanțe energetice generale cu condiția de a se întocmi adecvat planul de „conturi". Un astfel de sistem permite pe de o parte mecanizarea operațiilor fiind codificat, se poate ține pe fișe, iar pe de altă parte permite atît secționarea cît și urmărirea pe verticală a lanțurilor energetice primare și secundare, iar formularele de culegere a datelor primare sînt simple.

Adoptînd un model contabil, este normal să se folosească, bineînțeles formal, și terminologia respectivă. În consecință se vor introduce în balanța energetică generală termenii de „cont", „debit", „credit", „virare" etc., existînd o analogie suficientă pentru a permite acest lucru.

Pentru exprimarea în aceeași unitate de măsură a diferiților purtători de energie ce circulă odată cu diversele fluxuri de energie

* Prin consum final de energie se înțelege consumul de energie ce are loc într-un scop altul decît a produce un anumit purtător de energie.

Grupa 0 (energie primară brută)

Huilă din extracție	5 000	Huilă brută la prepa-	
Huilă brută din stoc	500	rare mecanică (la gr. 1)	5 500
Total	5 500	Total	5 500

Grupa 1 (prelucrări mecanice)

Huilă brută din extracție și stoc	5 500	— Huilă spălată	3 500
		din care :	
		pentru cocs (la gr. 2)	(2 500)
		„ consum direct (la gr. 3)	(1 000)
		— Mixte și șlam (la gr. 3)	1 500
		— Consum propriu (la gr. 9)	100
		— Pierderi la haldă (la gr. 9)	400
Total	5 500	Total	5 500

Grupa 2 (prelucrări mecanice și termice)

Huilă spălată de la preparare	2 500	Cocs (la gr. 3)	2 200
Huilă spălată din import	500	Gaze de cocserie	250
		din care :	
		ca purtător primar de energie (la gr. 3)	(150)
		pentru consum propriu (la gr, 9)	(100)
		Gudroane și materii pentru chimizare (la gr. 7)	300
		Pierderi (la gr. 9)	250
Total	3 000	Total	3 000

Grupa 3 (Purtători primari de energie)

— Cocs	3 200	— Pentru consum direct (la gr. 5)	4 300
din care :		din care :	
din țară	(2 200)	cocs	(3 200)
din import	(1 000)	huilă spălată	(1 000)
— Huilă spălată	1 000	gaze de cocserie	(100)
— Mixte și șlam	1 500	— Pentru transformare (la gr. 4)	1 550
— Gaze de cocserie	150	din care :	
		mixte și șlam	(1 500)
		gaze de cocserie	(50)
Total	5 85	Total	5 850

Grupa 4 (Transporturi intermediare)

— Mixte și șlam	1 500		
— Gaze de cocserie	50	— Energie electrică	
— Gaze de furnal	100	din care :	550
		livrată (la gr. 9)	(500)
		consum propriu (la gr.5)	(50)
		— Abur livrat (la gr. 5)	500
		din care :	
		de la cazan	(300)
		prin turbină	(200)
		— Pierderi (la gr. 9)	600
Total	1 650	Total	1 650

Grupa 5 (Purtători finali de energie)

— Cocs	3 200	— În industrie	5 000
— Huilă spălată	1 000	— În gosp. comunală și	
— Gaze de cocserie	100	populație	300
— Gaze de furnal	100	— Export de energie	
— Energie electrică	500	electrică	200
— Abur	600		
din care :			
din recuperări (de la gr. 7 și 9)	(100)		
Total	5 500	Total	5 500

Grupa 6 (Consum final intern)

— Cocs	3 200	— Pentru căldură	4 950
— Huilă spălată	1 000	— Pentru forță	300
— Gaze artificiale	200	— Pentru lumină	100
— Energie electrică	300	— Pentru reacții chi-	
— Abur	600	mice	50
Total	5 400	Total	5 400

Grupa 7 (Materii prime pentru chimizare și produse necombustibile)

— Gudroane de la cocserie	300	— Abur din recuperări (la gr. 5)	50
Total	300	Total	50

Grupa 8 (Import-export, stocuri, rezerve)

— Stoc inițial huilă brută	5 000	— Huilă brută (la gr. 0)	500
— Import purtători primari	1 500	— Huilă spălată (la gr. 2)	500
din care :		— Cocs (la gr. 3)	1 000
huilă spălată	(500)	— Export energie elec-	
cocs	(1 000)	trică	200

Grupa 9 (pierderi, consumuri tehnologice, resurse secundare)

— Pierderi	(1 250)	— Resurse energetice secundare (la gr. 4 și 5)	250
din care :		din care :	
la preparare cărbuni	(400)	abur de la cocserie	(50)
la cocserie	(250)	gaze de furnal	(200)
la transformări intermediare	(600)		
— Consumuri tehnologice	250		
din care :			
la preparare cărbuni	(100)		
la cocserie	(100)		
la transformări intermediare	(50)		

în cadrul gospodăriei energetice generale, se consideră cantitatea de energie — exprimată de pildă în combustibil convențional — conținută în purtătorii respectivi. Paralel se poate introduce și exprimarea în unități naturale și în special valorice. Acest lucru nu redă însă decît elementul cantitativ. Pentru prinderea

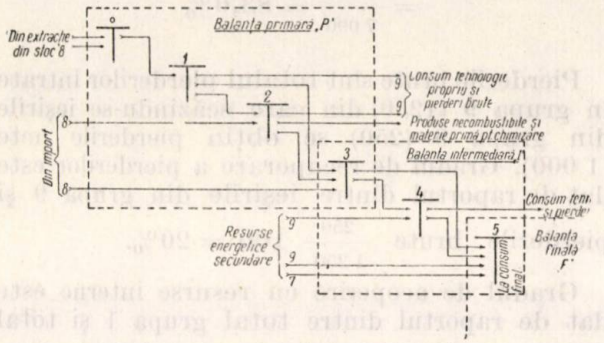


Fig. 3. Exemple de schemă a mișcării între conturi.

în calcul și a elementului calitativ, se pot aduce unele corecturi care însă vor forma obiectul unui alt articol.

Pentru a nu lungi inutil expunerea de față, se consideră cunoscute atît principiile de contabilitate cît și sistemul de contabilitate normată industrială.

*

„ 3 Purtători primari de energie
„ 4 Transformări intermediare
„ 5 Purtători finali de energie și loc de consum
„ 6 Consum final și scop final de consum
„ 7 Materii prime pentru chimizare și produse necombustibile
„ 8 Import-export, stocuri, rezerve
„ 9 Pierderi, consumuri tehnologice, resurse energetice secundare.

Balanța energetică primară este dată de grupele 0 la 3, balanța energetică intermediară de grupele 3 la 5, iar balanța energetică finală de grupele 5 la 6. Grupele de conturi 7 la 9 sînt grupe auxiliare. Pe cînd unele categorii de grupe de conturi (0 la 6) reprezintă mici balanțe individuale și deci trebuie să se balanseze fiecare în parte, altă categorie de conturi (7—9) nu este necesar să se balanseze, aceste grupe fiind doar extrase, servind la analiza balanței. Soldul grupei 7 reprezintă cantitatea netă de energie ce părăsește sfera energetică,iar soldul grupei 9 reprezintă consumurile tehnologice și pierderile nete (efective) de energie.

Pentru o primă și sumară exemplificare se dă mai jos un exemplu pentru un lanț energetic complex (cu legături primare și secundare) plecînd de la extracția de huilă. Exemplul este pur formal, cantitățile indicate servind doar pentru exemplificare.

Se consideră o anumită extracție brută de

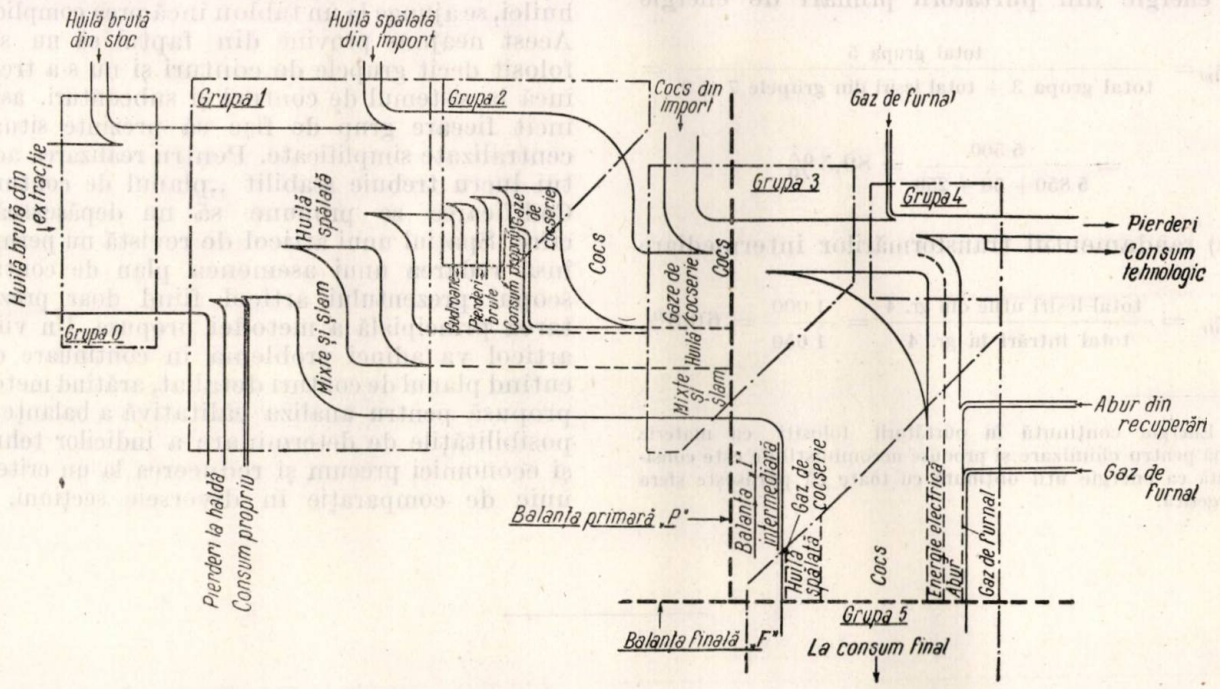


Fig. 4. Exemple de diagramă Senky.

Planul de conturi, ținînd seama de secțiunile arătate în fig. 2, este împărțit în zece grupe de conturi și anume :

Grupa 0 Energie primară brută
„ 1 Prelucrări mecanice
„ 2 Prelucrări termice și chimice

huilă la care se adaugă o prelevare din stoc. Toată această cantitate de huilă brută se prepară într-o spălătorie, subprodusele (mixte și șlam) fiind destinate a fi arse într-o centrală electrică. Parte din huila spălată, la care se adaugă o cantitate provenită din import, este

destinată cocsificării, restul se foloseşte ca atare. Se mai importă o anumită cantitate de cocs, şi se exportă o cantitate de energie electrică. Resursele energetice secundare sînt gazul de furnal şi aburul obţinut la cocserie şi prelucrarea chimică a gudroanelor de la cocserie. Mişcarea cantităţilor de energie între diferitele grupe de conturi este în acest caz următoarea :

În figura 3 s-a redat schematic mişcarea între grupele de conturi şi delimitarea balanţelor secţionale. Pentru comparaţie, în figura 4 s-a redat acelaşi exemplu într-o diagramă Senky delimitîndu-se grupele de conturi şi balanţele secţionate. Din comparaţia celor două figuri (3 şi 4) se poate uşor vedea că înregistrarea balanţei în sistemul contabilităţii normate reprezintă în fiecare grupă de conturi (1—6) mici balanţe parţiale.

Diferitele randamente pot fi uşor calculate, şi anume folosind acelaşi exemplu rezultă de pildă :

a) randamentul obţinerii purtătorilor primari de energie

$$\eta_p = \frac{\text{total grupa 3 + intrări în grupa 7*}}{\text{total grupa 1 + import de purtători primari}} = 88\%$$

b) randamentul obţinerii purtătorilor finali de energie din purtătorii primari de energie

$$\eta_{pf} = \frac{\text{total grupa 5}}{\text{total grupa 3 + total ieşiri din grupele 7 şi 9}} =$$

$$= \frac{5\,500}{5\,850 + 50 + 250} = 89{,}5\%$$

c) randamentul transformărilor intermediare

$$\eta_{tr} = \frac{\text{total ieşiri utile din gr. 4}}{\text{total intrări în gr. 4}} = \frac{1\,000}{1\,650} = 60{,}8\%$$

d) randamentul total al obţinerii purtătorilor finali de energie din resursele primare de energie

$$\eta_{tf} = \frac{\text{total grupa 5 + intrări în grupa 7}}{\text{total gr. 1 + import de purtători primari de energie}} =$$

$$= \frac{5\,800}{7\,000} = 83{,}0\%$$

Pierderile brute sînt totalul pierderilor intrate în grupa 9 (1250) din care scăzîndu-se ieşirile din grupa 9 (250) se obţin pierderile nete (1 000). Gradul de recuperare a pierderilor este dat de raportul dintre ieşirile din grupa 9 şi pierderile brute $\frac{250}{1\,250}\,100 = 20\%$.

Gradul de acoperire cu resurse interne este dat de raportul dintre total grupa 1 şi total grupa 1 + import de energie $\frac{5\,500}{5\,500+1\,500}100 =$ $= 78{,}5\%$

Din exemplul de mai sus se poate observa pe de o parte că s-au putut prinde toate legăturile gospodăriei energetice prin mici balanţe individuale, obţinîndu-se o oarecare sistematizare a materialului atît de complex, dar pe de altă parte, cu toate că s-a considerat doar o mică parte a gospodăriei energetice, lanţul huilei, se ajunge la un tablou încă prea complicat. Acest neajuns provine din faptul că nu s-au folosit decît grupele de conturi şi nu s-a trecut încă la sistemul de conturi şi subconturi, astfel încît fiecare grup de fişe să prezinte situaţii centralizate simplificate. Pentru realizarea acestui lucru trebuie stabilit „planul de conturi". Codificarea se propune să nu depăşească 5 cifre. Spaţiul unui articol de revistă nu permite însă redarea unui asemenea plan de conturi, scopul prezentului articol fiind doar prezentarea principială a metodei propuse. Un viitor articol va adînci problema în continuare discutînd planul de conturi detaliat, arătînd metoda propusă pentru analiza calitativă a balanţei şi posibilităţile de determinare a indicilor tehnici şi economici precum şi reducerea la un criteriu unic de comparaţie în diversele secţiuni.

---

* Energia conţinută în purtătorii folosiţi ca materie primă pentru chimizare şi produse necombustibile este considerată ca energie util obţinută cu toate că părăseşte sfera energetică.

Calculatoarele electronice în energetică

Unul din aspectele cele mai de seamă ale tehnicii noi îl alcătuieşte introducerea în cele mai variate domenii a calculatoarelor electronice. Sînt cunoscute rezultatele epocale obţinute de savanţii sovietici în cercetarea şi stăpînirea spaţiului cosmic, domeniu în care aparatura electronică are un rol de bază. În U.R.S.S. calculatorul electronic este introdus cu rapiditate, dînd rezultate remarcabile în cele mai diferite domenii. Astfel la Institutul „A. P. Vişnevski" al Academiei de Ştiinţe, a U.R.S.S. calculatoarele electronice sînt utilizate la diagnosticarea anumitor boli; în acest scop medicul are de introdus în calculator anumite date caracteristice ale bolnavului ca: vîrsta bolnavului, tensiunea arterială, temperatura corpului etc.

În energetică, calculatorul electronic a început de curînd să-şi găsească aplicaţii din ce în ce mai numeroase. Se presupune că şi în acest domeniu calculatorul electronic va înlocui mijloacele actuale de cercetare şi calcul şi va permite în acelaşi timp o extindere şi aprofundare a cercetărilor şi analizelor. Comanda funcţionării economice a centralelor electrice, probleme de reglare automată, cercetarea stabilităţii şi multe altele sînt numai o parte din problemele ce pot fi soluţionate cu calculoatoare electronice. În calculator operaţiile sînt efectuate pe baza unor programe; conform programului corespunzător, datele specifice unei probleme sînt prelucrate de calculator. Modul de alcătuire a acestor programe formează prima problemă ce se pune specialistului. În energetică, se discută în lumea specialiştilor referitor la căile cele mai adecuate pentru întocmirea programelor, numeroasele soluţii propuse fiind mereu depăşite, fie de progresul în construcţia calculatoarelor electronice, fie de pretenţiile de a se obţine din ce în ce mai mult adîncirea problemelor.

În R.P.R., Institutul de Fizică Atomică al Academiei R.P.R. a realizat două asemenea calculatoare, azi fiind în funcţiune „C.I.F.A.-2" cu care s-au întreprins deja studii în diverse domenii. Aceste studii vor lua o dezvoltare ca urmare a atenţiei ce se acordă în Directivele Congresului al III-lea automatizării producţiei şi introducerii de maşini logice în industrie şi economie. În energetică, atît dispecerul naţional al sistemului nostru energetic, cît şi Institutul de Studii şi Proiectări Energetice (I.S.P.E.) din Departamentul Energiei Electrice (Ministerul Industriei Grele) au introdus deja utilizarea acestui calculator în studii speciale necesare exploatării şi proiectării.

Revista Energetică, în dorinţa de a contribui la introducerea acestei importante realizări în ţara noastră, va publica o serie de articole privind aplicaţiile speciale ale acestui calculator în energetică. Reamintim că în acest domeniu, după o serie de conferinţe ţinute de prof. ing. M. Bercovici, s-au publicat două articole în cuprinsul revistei noastre de către ing. A. Petroianu şi ing. L. Groza (Nr. 7/1960).

Facem un călduros apel la specialiştii şi tehnicienii din acest domeniu de a contribui la lămurirea problemelor ce se pun azi în ţara noastră, ţinînd seamă de natura instalaţiilor şi de tipul calculatoarelor electronice ce ne stau la dispoziţie sau care rezultă ca cele mai potrivite pentru problemele noastre specifice.

Sînt, în special, interesante:

— Realizări din străinătate şi stadiul problemei.

— Realizări din R.P.R. şi propuneri în legătură cu metodele matematice cele mai potrivite pentru alcătuirea programelor etc.

În acest număr publicăm un studiu din această serie. Se arată căile de adaptare ale metodei „analizei grafice", utilizată azi în R.P.R., la noul sistem complex de reţele ce s-a dezvoltat în anii democraţiei populare în R.P.R., adaptare ce va face posibilă, după părerea autorului, combinarea analizei grafice cu calculatorul electronic.

Analiza nodală utilizînd curenţii de scurtcircuit în cazul reţelelor complexe

PAUL DIMO

Se cunosc rezultatele obţinute pînă acum cu noua metodă de analiză nodală, utilizînd curenţii de scurtcircuit [1, 2, 3, 4, 11, 12, 13, 14] din care reţinem:

1. *Elementele ei de sugestie* prin posibilitatea de reprezentare grafică a tuturor mărimilor, ce intervin în nodul unei reţele. Astfel această cale permite raţionamente la fel de simple ca cele ce se fac în metodele cunoscute pe modelul elementar „generator-motor", dar pentru modelul complex al unui nod, cu un număr oricît de mare de generatoare şi o sarcină oarecare (nu neapărat impedanţă).

2. *Prin extensie la analiza simultană a unui număr oarecare de noduri*, se dă posibilitatea totală de analiză a fenomenelor ce se petrec în întreaga reţea.

*

În ceea ce priveşte acest al doilea punct, căile arătate pînă azi în publicaţiile apărute [4] sînt suficiente numai dacă reţeaua este relativ simplă şi poate fi redusă la noduri cu legături radiale. În cazul reţelelor buclate şi complicate ca legături, separarea fiecărui nod în parte şi înlocuirea legăturilor prin curenţi de scurtcircuit (maşini şi sarcini echivalente) necesită de multe ori numeroase transfigurări ale schemei prin mutări de sarcini, combinări de generatori, etc. etc. care pot conduce la aproximaţii nepermise. În asemenea cazuri se obţin pe această cale rezultate calitative, utile în lămurirea soluţiilor, dar care trebuie completate şi verificate cu calcule exacte care nu pot fi făcute decît cu mijloace speciale (analizoare electrice, etc.).

În cele ce urmează vom arăta calea de urmat în asemenea cazuri complicate, pentru a păstra mai departe cele 2 calităţi arătate mai sus, proprii metodei analizei pe noduri utilizînd curenţii de scurtcircuit.

I. Ecuaţiile generale în cazul nodului unei reţele complexe, în funcţie de curenţii de scurtcircuit

Să presupunem o reţea oarecare, cu n noduri, la fiecare din aceste noduri fiind legate un număr oarecare de generatori şi sarcini, iar legătura dintre noduri făcîndu-se oricum, prin le-

gături închise în bucle într-un număr oarecare sau radial. Dacă notăm cu E_1, E_2, E_3...etc. tensiunile în nodurile respective, știm că puterile totale rezultante în nod pot fi scrise sub forma cunoscută din lucrările de specialitate [6, 7, 8, 9, 10]. Formulele de mai jos sînt utilizate și pentru cazul cînd sarcinile pot fi reprezentate de impedanțe care intră în compunerea termenilor Y_{11}, Y_{12}; în acest din urmă caz tensiunile E_2, $E_3 \ldots E_n$ fiind tensiunile interne ale generatoarelor din sistem, iar tensiunea E_1, tensiunea nodului 1 :

$$P_1 = E_1^2 Y_{11} \sin \alpha_{11} + E_1 E_2 Y_{12} \sin (\delta_{12} - \alpha_{12}) + \cdots$$
$$\ldots + E_1 E_n Y_{1n} \sin (\delta_{1n} - \alpha_{1n}) \quad (1)$$

$$Q_1 = E_1^2 Y_{11} \cos \alpha_{11} - E_1 E_2 Y_{12} \cos (\delta_{12} - \alpha_{12}) - \cdots$$
$$\ldots - E_1 E_n Y_{1n} \cos (\delta_{1n} - \alpha_{1n}) \quad (2)$$

în care :

Y_{11} este admitanța proprie a nodului *1*;
$Y_{12} = Y_{21}$ este admitanța reciprocă dintre nodurile *1* și *2*;

$\alpha_{12} = \alpha_{21}$ se definește din relația: $\operatorname{tg} \alpha = \frac{R}{X}$.

În relațiile de mai sus împărțim cu E_1 și schimbăm originea unghiurilor δ și α :

$\delta_{12} = -\delta_{21}$ și $\alpha_{12} = \alpha_{21}$ (rețea alcătuită din elemente lineare)

În locul expresiilor EY scriem curenții corespunzători

$$E_1 Y_{11} = I_{11}; \quad E_2 Y_{12} = I_{21}; \ldots \text{etc.}$$

În același timp considerăm pozitivi curenții ce sosesc în nodul *1* în loc de curenții ce pleacă din nodul *1* și schimbăm în consecință semnul expresiei din membrul 2. Cu aceste transformări obținem :

$$I_{w1} = I_{21} \sin (\delta_{21} + \alpha_{21}) + I_{31} \sin (\delta_{31} + \alpha_{31}) + \cdots$$
$$\ldots + I_{n1} \sin (\delta_{n1} + \alpha_{n1}) - I_{11} \sin \alpha_{11} \quad (3)$$

$$I_{d1} = I_{21} \cos (\delta_{21} + \alpha_{21}) + I_{31} \cos (\delta_{31} + \alpha_{31}) + \cdots$$
$$\ldots + I_{n1} \cos (\delta_{n1} + \alpha_{n1}) - I_{11} \cos \alpha_{11}. \quad (4)$$

Curenții din membrul doi al ecuațiilor de mai sus au următoarea semnificație fizică :

— I_{21} este curentul de scurtcircuit pe care generatorul *2* îl dă în nodul *1*;

— I_{31} idem, curentul de scurtcircuit pe care generatorul *3* îl dă în nodul *1*... etc., iar :

— I_{11} este curentul de scurtcircuit în gol pe care întreg sistemul respectiv l-ar da în caz de scurtcircuit în nodul *1*; acest curent este egal conform teoremei I-a a lui I. Fallou cu curentul de scurtcircuit pe care nodul *1* cu tensiunea E_1 l-ar da în rețeaua respectivă pasivă.

Cum I_{w1} și I_{d1} sînt componentele curentului I_1 total al nodului, expresiile (3) și (4) nu sînt decît proiecțiile pe două axe rectangulare ale vectorilor $\bar{I}_1, \bar{I}_{11}, \bar{I}_{21}, \bar{I}_{31}, \ldots$ etc., în conformitate cu proprietățile ce rezultă din teorema 2-a a lui I. Fallou asupra curenților de scurtcircuit și anume :

„Curentul de scurtcircuit în gol al unui nod ($\bar{I}_{11}$) plus curentul sarcinei nodului ($\bar{I}_1$), este egal cu curentul de scurtcircuit total în sarcină al nodului ($\bar{I}_{21} + \bar{I}_{31} + \cdots \bar{I}_{n1}$). Se poate exprima vectorial pentru nodul *1* în cazul a *n* noduri :

$$\bar{I}_1 + \bar{I}_{11} = \bar{I}_{21} + \bar{I}_{31} + \bar{I}_{41} + \cdots \bar{I}_{n1} \quad (5)$$

în care I_{21}, $I_{31} \cdots$ etc. sînt componentele curentului de scurtcircuit pe care le dă fiecare din generatorii din nodurile *2*, *3*, *4*,... *n*, în nodul *1* considerați excitați în conformitate cu regimul respectiv în sarcină.

Expresia (5) se mai poate exprima, dacă se aleg axele de coordonate cu axa absciselor după direcția lui I_d și axa ordonatelor după direcția lui I_w, așa cum rezultă din formulele (3) și (4) :

$$I_1 \underline{|90° - \varphi} + I_{11} \underline{|\alpha_{11}} = I_{21} \underline{|\delta_{21} + \alpha_{21}} +$$
$$+ I_{31} \underline{|\delta_{31} + \alpha_{31}} + \ldots + I_{n1} \underline{|\delta_{31} + \alpha_{31}}$$

Unghiul lui I_1 este egal cu $-\varphi$ (unghiul factorului de putere) față de tensiunea E_1 în fază cu I_w și cu axa ordonatelor, și rezultă deci $90° - \varphi$ față de axa absciselor.

Această constatare se putea face direct, așa cum se face în unele manuale [7] pentru demonstrarea relațiilor (1) și (2), din considerarea suprapunerii efectelor. Mai trebuie observat că, dacă nodurile sînt legate radial la nodul *1*, expresia de mai sus este identică cu expresiile obținute în reprezentarea nodurilor [4] expresiile (15) și (16) în lucrările anterioare, deoarece :

— Admitanțele Y_{21}, Y_{31}... etc devin admitanțele notate Y_2, Y_3... etc ale circuitelor respective.

— Unghiurile α_{21}, α_{31}... etc devin unghiurile notate γ_2, γ_3 corespunzătoare impedanțelor respective $\left(\operatorname{tg} \gamma = \frac{R}{X}\right)$

— Unghiurile δ_{21}, δ_{31}... etc sînt unghiurile δ_2, δ_3 ale tensiunilor generatoarelor ramurilor respective, cu tensiunea nodului (1) luată ca origină.

Dacă o parte din generatoare sînt legate direct la nod, iar o altă parte sînt legate printr-o rețea complexă, rămîn valabile expresiile (3) și (4), în care pentru generatoarele legate direct la nod mărimile sînt aceleași cu cele ce apăreau în cazul simplificat al unui singur nod cu mai multe generatoare la care se adaugă mărimile ce rezultă raportate la acest nod din restul rețelei complexe. Generatorii existenți (sau nodurile reespective) în partea complexă a

rețelei rămîn mai departe reprezentați fiecare de curenții respectivi de scurtcircuit. *Singura deosebire este că pentru întreaga rețea complexă apare un singur curent de scurtcircuit în gol al întregii rețele complexe* (I_{11}), în loc să apară cîte un curent separat pentru fiecare ramură în parte (acest curent unic poate fi și el despărțit în curenții fiecărei ramuri 2, 3, $4 \cdots n$, în anumite studii în care această detaliere ar apărea interesantă; deocamdată nu ne ocupăm de acest aspect).

*

O observație trebuie făcută în legătură cu semnele mărimilor din expresiile (1), (2). Aceste expresii se dau în diversele manuale sub diverse forme [6, 7, 8, 9, 10] care pot fi bine înțeles aduse toate la forma necesară în care figurează explicit curenții de scurtcircuit ai fiecărei forțe electromotoare ca în formulele (3) și (4).

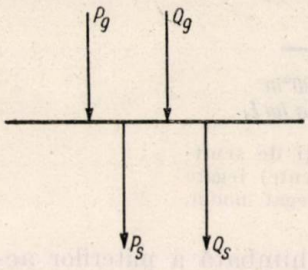


Fig. 1. În cazul formulelor (1), (2), (3), (4) semnul pozitiv corespunde puterilor P_s Q_s.

În formulele (1) și (2) se consideră semn pozitiv puterea care pleacă de la nod (fig. 1).

Puterea reactivă este considerată pozitivă, cea care pleacă de la nod în ipoteza unui generator existent în nod, supraexcitat care ar debita și puterea activă pozitivă în afară. În lucrările noastre trecute cale corespund curenților generatorului cu tensiune E_1, $E_2 \ldots$ etc., care debitează înafară.

De asemenea unghiurile dintre generatoare sînt considerate în general ca în formulele (1) și (2) (δ_{12}) pe cînd noi le notăm ca în formulele (3) și (4) ($\delta_{21} \ldots \delta_{31}$) corespunzînd cazului cînd în reprezentarea grafică tensiunea E_1 are unghiul zero.

Deoarece noi facem asemenea analize în general pentru noduri „consumatoare", expresiile (3) și (4) vor fi considerate ca și în lucrările anterioare.

De asemenea, pentru mai multă claritate vom despărți în două membrul 2 din formulele (3) și (4) și anume o primă parte în care păstrăm notațiile utilizate de noi pînă azi și care corespunde ramurilor legate radial la nodul respectiv, iar o a doua parte în care adoptăm noile notații din formulele (3) și (4) pentru curenți și unghiuri și care corespunde rețelei complexe legate la nod. (Dacă sînt mai multe rețele complexe legate la nod vom avea mai mulți asemenea termeni b):

Cu aceste observații putem scrie pentru nodul *1* în ipoteza notațiilor:

— nodurile notate *2* la $n-1$ sînt de fapt generatoare sau generatoare echivalente legate direct la nodul *1*:

— nodurile notate de la n în sus sînt punctele rețelei unde sînt legate generatoarele sau generatoarele echivalente aparținînd rețelei complexe la care este legat nodul *1*.

$$I_{w1} = \overbrace{I_{c2} \sin(\delta_2 + \gamma_2) - I_{02} \sin \gamma_2 + I_{c3} \sin(\delta_3 + \gamma_3) - I_{03} \sin \gamma_3 + \cdots}^{a}$$

$$\overbrace{+ I_{n1} \sin(\delta_{n1} + \alpha_{n1}) + I_{n+1\cdot1} \sin(\delta_{n+1\cdot1} + \alpha_{n+1\cdot1}) \ldots - I_{11} \sin \alpha_{11}}^{b} \qquad (6)$$

$$I_{d1} = \overbrace{I_{c2} \cos(\delta_2 + \gamma_2) - I_{02} \cos \gamma_2 + I_{c3} \cos(\delta_3 + \gamma_3) - I_{03} \cos \gamma_3 + \cdots}^{a}$$

$$\overbrace{+ I_{n\cdot1} \cos(\delta_{n1} + \alpha_{n\cdot1}) + I_{n+1\cdot1} \cos(\delta_{n+1\cdot1} + \alpha_{n+1\cdot1}) \cdots - I_{11} \cos \alpha_{11}}^{b}.$$

[1...4] am considerat semnele invers și anume cel pozitiv corespunzător puterilor ce sosesc la nod, iar cel negativ cel care pleacă, deoarece cazul general examinat de noi era al nodului consumator alimentat din afară.

Marea majoritate a autorilor utilizează semnele din formulele (1), (2), deoarece cazurile pe care le examinează în general pe această

II. Sistemul energetic văzut dintr-un nod prin curenți de scurtcircuit în cazul rețelelor complexe

Formulele (3), (4), (5) (6) și (7) permit o reprezentare grafică identică cu cea folosită în lucrările anterioare [1, 2, 3, 4)] după cum se vede în fig. 2 care are mai departe calitățile esențiale ale acestui tip de reprezentare.

În adevăr pe această reprezentare grafică avem pe de o parte o serie de mărimi reprezentate (curenți, unghiuri, faze, puteri, tensiuni, etc.) iar pe de altă parte posibilitatea de a trans-

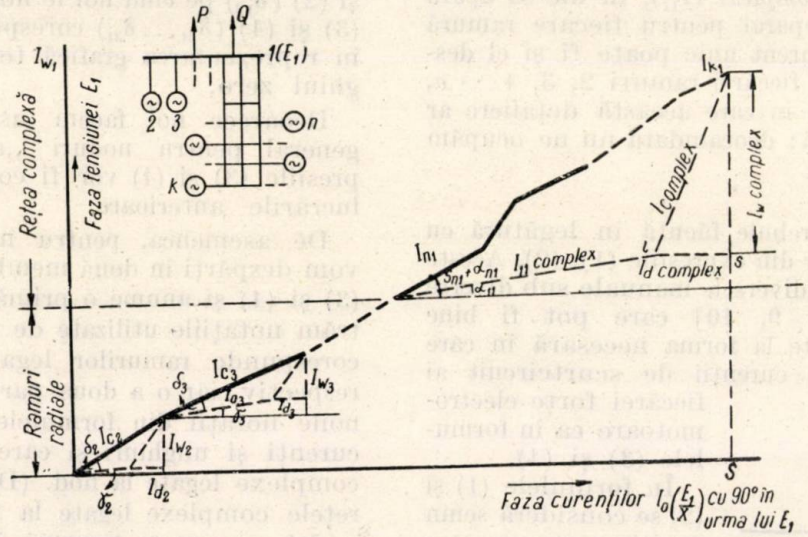


Fig. 2. Reprezentarea nodului notat cu *1* al unei rețele complexe prin curenți de scurtcircuit. Vectorii *2* pînă la *n* (exclusiv) reprezintă generatoare (sau gen. echivalente) legate radial la nod, iar generatoarele *n* la *k* aparțin rețelei complexe la care e legat nodul.

forma graficul conform problemei și a obține noua figură care va da răspunsul sau soluția în cele mai variate probleme (reglaj, regimuri

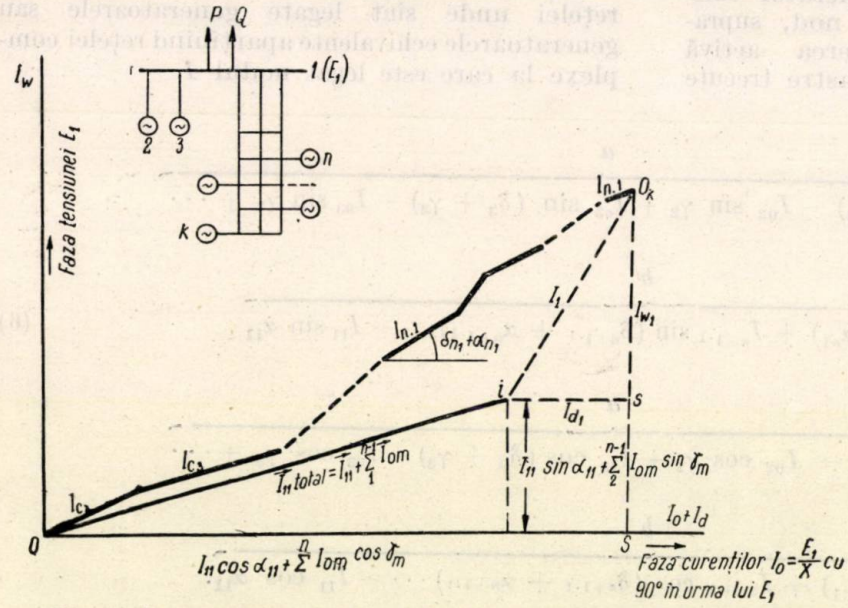


Fig. 3. Reprezentarea unui nod în care toți curenții de scurtcircuit în gol, atît ai ramurilor radiale, cît și cei ai rețelei complexe, au fost înșirați, suma lor vectorială alcătuind curentul total de scurtcircuit în gol al întregului nod. Rezultă curentul wattat și dewattat al sarcinii nodale (I_{w1}, I_{d1}). În cazul unei sarcini — impedanță abscisa *OS* măsoară tensiunea nodului.

staționare, dinamice). Calea generală de atac a problemelor rămîne mai departe :

1. Reprezentarea nodului sau a nodurilor în care se întîmplă evenimentele studiate.

2. Transformarea acestei reprezentări conform schimbării intervenite : scurtcircuit, introducerea unui grup sau sarcină în plus, ieșirea unui grup sau unei sarcini din circuit, reglajul excitației, repartiție schimbată a puterilor active și reactive etc.etc.

3. Compararea reprezentărilor obținute în urma transformărilor cu cele inițiale și deducerea efectelor și a consecințelor, cu „vizualizarea" procesului ce rezultă.

*

Graficul din figura 2 este preferabil a fi făcut conform figurii 3, în care toți curenții de scurtcircuit în gol sînt înșirați unul după celălalt (alcătuind un curent de scurtcircuit total), în acest caz apărînd curenții I_{d1} și I_{u1} clar în pozițiile : sO_k și $s\,i$ în partea din dreapta a figurii.

În grafice ca cele din figura 3 sau 2 apar cu multă claritate :

1. *Vectorii reprezentativi ai fiecărei centrale* din sistem și posibilitatea de apreciere imediată a consecințelor ce rezultă în nodul reprezentat (variații de curenți, faze, tensiunea și frecvența nodului... etc) în cazul modificării regimului de funcționare a centralei respective.

2. *Vectorul reprezentativ al nodului însuși* din care „privim" sistemul (curentul de scurtcircuit în gol *Oi* pe figura 3) care indică tensiunea și faza nodului respectiv, cu aprecierea ce rezultă asupra influenței acestor parametri ai nodului

asupra celorlalte mărimi ce figurează în reprezentare.

Nu insistăm asupra posibilităților acestor reprezentări care sînt identice cu cele arătate în lucrările anterioare.

Este de adăugat numai că, în cazul rețelelor complexe, este de multe ori cazul în unele probleme să „privim" sistemul din mai multe puncte simultan, adică să întocmim mai multe reprezentări. Necesitatea unor asemenări *reprezentări simultane* rezultă din faptul că pe o asemenea reprezentare se citește numai contribuția generatoarelor în nodul respectiv reprezentat; din evaluarea acestei contribuții, în cazul generatoarelor legate radial, se poate deduce prin adăugarea pierderilor în impedanța de legătură (curentul ramurii se măsoară pe grafic) puterea electrică totală a generatorului respectiv, acest lucru nemaiputînd fi obținut în cazul rețelei complexe, puterea totală electrică a generatorului respectiv fiind egală cu cea dată în nodul reprezentat plus cea dată în restul sistemului complex. De aici rezultă că pentru cazul cînd în problemă este necesar să se cunoască puterea fiecărui generator (ca în exemplul ce urmează) pe care o dă în sistem, *vor fi necesare tot atîtea reprezentări cîte noduri există în sistem la care generatoarele sînt legate radial.* Faptul că în asemenea cazuri sistemul este „privit" din mai multe puncte, aduce o posibilitate deosebită de examinare și raționare asupra fenomenelor examinate.

În altă ordine de idei mai este de adăugat:

1. Formulele (3), (4) sau (6), (7) și reprezentarea respectivă ce rezultă în fig. 2 și 3 presupun că sarcinile corespund unor impedanțe. În cazul cînd e necesară considerarea unei alte legi de variație pentru sarcină lucrurile se schimbă.

2. Dacă sarcina ce are o lege diferită de variație decît impedanța se află numai în unul din nodurile reprezentate, lucrurile rămîn la fel de simple deoarece acest lucru revine în a impune anumite condiții de variație lui I_m și I_d, ceea ce după cum s-a văzut [4] este destul de simplu.

În acest caz, se efectuează mai întîi transformarea graficului acestui nod, în toate celelalte noduri sarcina fiind reprezentată de o impedanță, iar rezultatul poate fi introdus în transformarea altor noduri ce sînt necesare de reprezentat în analiza respectivă.

3. În cazul cel mai general cu sarcini cu legi diferite de variație decît ale impedanței în mai multe noduri, este necesar a se reprezenta toate aceste noduri și a se încerca metode de aproximații succesive așa cum de altfel se face și calculul analitic.

Aceste cazuri complicate, în care se recurge la calcule prin aproximații succesive, pot fi rezolvate pe această cale numai în combinație cu mijloace speciale. Astfel în asemenea cazuri analiza pe noduri combinată cu calculatorul numeric dă rezultate excelente, reprezentarea nodului ajutînd mai departe raționamentul, iar calculatorul numeric dînd valorile necesare în diverse transformări ale acestor reprezentări. În acest studiu ne mărginim la cazul rețelelor complexe cu sarcini asimilate cu impedanțe. Dăm mai jos, pentru o completă înțelegere a celor expuse pînă aci, un exemplu concret de analiză simultană a mai multor noduri, în cazul unui regim dinamic (procedeul este același în orice altă problemă de regim tațional, reglaj, etc).

III. Exemplu de analiză făcută simultan în mai multe noduri în cazul unei rețele complexe

Să luăm cazul cunoscut de specialiști al stabilității dinamice calculat de ing. L. A. Jucov din lucrarea de specialitate a lui P. S.

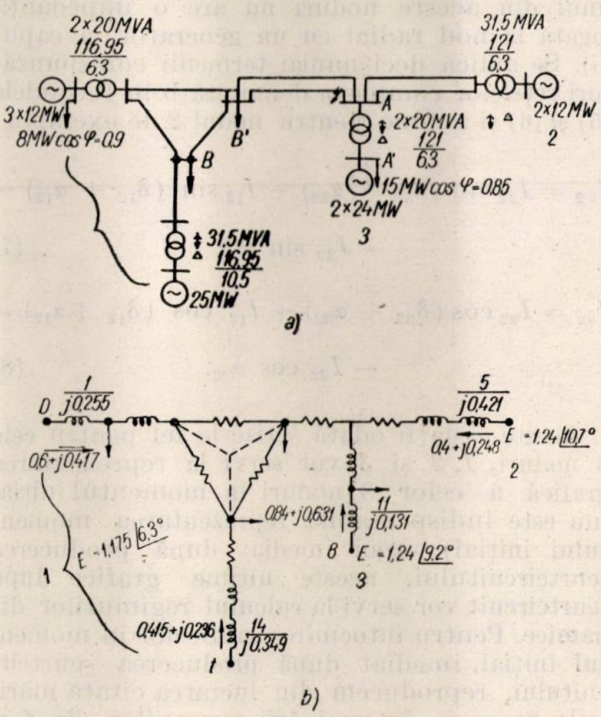


Fig. 4:
a — schema inițială a sistemului și locul scurtcircuitului, *b* — schema sistemului considerată pentru analiză, redusă la 3 centrale.

Jdanov [7] și să reproducem același calcul pe calea indicată aci. Schema sistemului este arătată în fig. 4.

Sistemul din fig. 4, *a* este redus la cel din schema 4, *b* pentru calcul. Vom examina nodurile *1*, *2* și *3* de la capetele schemei, deoarece pentru aceste noduri în lucrarea citată în cursul calculului analitic se găsesc determinate toate mărimile necesare ce intervin în formulele (5) și (6) aplicate acestui caz și cititorul va

putea astfel urmări în mod efectiv mersul operațiilor avînd și calculul analitic pentru orientare pe care-l va urmări în paralel. Semnalăm însă că în cazul analizei utilizînd curenții de scurtcircuit ar fi fost preferabilă alegerea altor noduri, în vecinătatea sarcinilor pentru a trage întregul profit al acestei căi, care poate reda un aspect mai general și mai complet al fenomenului cu repercusiunile lui în diverse puncte ale sistemului (oscilațiile tensiunii, ale frecvenței momentane, evoluția curenților și a mărimilor ce intervin în protecție etc. în diverse noduri importante).

În cazul punctelor finale *1*, *2* și *3* (puncte care de fapt nu sînt noduri ci sînt capetele reactanțelor în interiorul generatorului echivalent respectiv) tensiunea rămîne constantă ca mărime și egală cu tensiunile interne ale celor 3 generatoare echivalente în tot timpul regimului dinamic ce urmează. La fiecare din aceste noduri *1*, *2* respectiv *3*, sînt legate cîte 2 generatoare printr-o rețea complexă. (Nici unul din aceste noduri nu are o impedanță legată la nod radial cu un generator la capul ei). Se aplică deci numai termenii corespunzători rețelelor complexe denumită b în formulele (5) și (6) și anume pentru nodul *2* de exemplu :

$$I_{a2} = I_{32} \sin (\delta_{32} + \alpha_{32}) + I_{12} \sin (\delta_{12} + \alpha_{12}) - \\ - I_{22} \sin \alpha_{22} \qquad (7)$$

$$I_{d2} = I_{32} \cos (\delta_{32} + \alpha_{32}) + I_{12} \cos (\delta_{12} + \alpha_{12}) - \\ - I_{22} \cos \alpha_{22}. \qquad (8)$$

Aceste ecuații odată scrise la fel pentru cele 3 noduri, *1*, *2* și *3*, vor servi la reprezentarea grafică a celor 3 noduri în momentul inițial (nu este indispensabilă reprezentarea momentului inițial), apoi imediat după producerea scurtcircuitului, aceste ultime grafice după scurtcircuit vor servi la calculul regimurilor dinamice. Pentru întocmirea graficelor în momentul inițial, imediat după producerea scurtcircuitului, reproducem din lucrarea citată mărimile necesare determinării termenilor din formulele (7) și (8).

Tabela 1

Tensiunile electromotoare interne ale generatoarelor echivalente înainte de scurtcircuitul din sistem

Generatorul	Modulul și argumentul	Observații
E_1	$1{,}175 \underline{\vert 6{,}3°}$	Origina fazelor a fost luată tensiunea dintr-un punct din sistem
E_2	$1{,}24 \underline{\vert 10{,}7°}$	
E_3	$1{,}24 \underline{\vert 9{,}2°}$	

Cu aceste valori, se pot obține mărimile necesare reprezentării.

Pentru mai multă claritate a graficului reamintim că dacă luăm ca origină a fazelor în grafice curentul de scurtcircuit în gol al

Tabela 2

Impedanțele proprii și reciproce ale centralelor în timpul scurtcircuitului din sistem

Impedanța	Modulul și argumentul $\left(\text{tg } \psi = \frac{X}{R}\right)$	Unghiul complimentar $\left(\text{tg } \alpha = \frac{R}{X}\right)$
Z_{11}	$0{,}347 \underline{\vert 78{,}2°}$	$\alpha_{11} = 11{,}8°$
Z_{22}	$0{,}7 \underline{\vert 87{,}4°}$	$\alpha_{22} = 2{,}6°$
Z_{33}	$0{,}362 \underline{\vert 87{,}9°}$	$\alpha_{33} = 2{,}1°$
$Z_{12} = Z_{21}$	$7{,}07 \underline{\vert 92{,}5°}$	$\alpha_{12} = -2{,}5°$
$Z_{13} = Z_{31}$	$3{,}61 \underline{\vert 95{,}8°}$	$\alpha_{13} = -5{,}8°$
$Z_{23} = Z_{32}$	$6{,}42 \underline{\vert 99{,}8°}$	$\alpha_{23} = -9{,}8°$

tensiunii respective a nodului $\left(\frac{E_n}{X}\right.$, scurtcircuit pe reactanță$\left.\right)$, așa cum am făcut în toate cazurile de aplicare a metodei, atunci axa absciselor este în fază cu un curent înapoi cu 90° față de tensiunea considerată a nodului :

$$\bar{I}_0 = \frac{E_n}{\bar{X}} = \frac{E_n \underline{\vert 0}}{Z \underline{\vert 90°}} \quad Y \cdot E_n \underline{\vert -90°}$$

Dacă în loc de unghiul ψ luăm unghiul $\alpha = 90° - \psi$ atunci un curent oarecare produs de o forță electromotoare $E \underline{\vert \delta}$ debitînd pe o impedanță $Z \underline{\vert \psi}$ are fază față de tensiunea nodului E_n

$$I = \frac{E \underline{\vert \delta}}{Z \underline{\vert 90° - \alpha}} = Y E \underline{\vert -90° + \alpha + \delta}$$

iar față de curentul I_0 luat ca axă a absciselor (cu 90° în urmă) :

$$I = Y E \underline{\vert \delta + \alpha}$$

Reprezentarea nodului cu formulele (5) și (6) respectiv (7), (8) se face cu axele de coordonate ce rezultă din cele de mai sus, *faza tensiunii electromotoare din nod fiind de fapt cea a axei ordonatelor*, cu 90° înaintea axei absciselor, aceasta din urmă în fază cu curenții de scurtcircuit inductivi $\left(\frac{E}{X}\right)$.

Cu această precizare calculăm curenții de scurtcircuit ai celor 3 noduri necesare reprezentării grafice :

În mod analog se obțin valorile pentru celelalte 2 noduri și se trec în tabela generală

de mai jos în care în casete se găsesc curenții de scurtcircuit respectivi cu indicii dați de rînduri și coloane (de exemplu I_{21} înseamnă

Tabela 3

Curenții necesari reprezentării grafice a nodului 1

Curenții	Calculul	Valoarea finală	Observații
$\bar{I}_{11} = \frac{\bar{E}_{11}}{\bar{Z}_{11}}$	$\frac{1{,}175 \mid 0}{0{,}347 \mid -11{,}8°}$	$3{,}4 \mid 11{,}8°$	Originea fazelor pentru axe E_1 (ordonata E_1 iar abscisa $E_1 \mid -90°$)
$\bar{I}_{21} = \frac{\bar{E}_{21}}{\bar{Z}_{21}}$	$\frac{1{,}24 \mid 10{,}7° - 6{,}3°}{7{,}07 \mid 2{,}5°}$	$0{,}1755 \mid 1{,}9°$	
$\bar{I}_{31} = \frac{\bar{E}_{31}}{\bar{Z}_{31}}$	$\frac{1{,}24 \mid 9{,}2° - 6{,}3°}{3{,}61 \mid 5{,}8°}$	$0{,}343 \mid -2{,}9°$	

scurtcircuit produs de forța electromotoare din coloana 2 în nodul din rîndul 1)

Valorile din tabela 4 conduc la reprezentarea grafică din figura 5 în care se văd figurate cele 3 noduri *1*, *2* și *3* prin graficele *a*, *b*, *c*.

Tabela 4

Nodul	Generator 1	Generator 2	Generator 3	Observații
1	$3{,}4 \mid 11{,}8°$	$0{,}1755 \mid 1{,}9°$	$0{,}343 \mid -2{,}9°$	Originea fazelor E_1
2	$0{,}1662 \mid -6{,}9°$	$1{,}773 \mid 2{,}6°$	$0{,}1932 \mid -11{,}3°$	Originea fazelor E_2
3	$0{,}326 \mid -7{,}7°$	$0{,}193 \mid -8{,}3°$	$3{,}43 \mid 2{,}1°$	Originea fazelor E_3

Aceste 3 reprezentări au un aspect diferit de cele din figura 3, deoarece ele corespund unor noduri generatoare iar nu consumatoare. În acest caz curenții totali ai nodului (I_w și I_d) au semn schimbat și vectorul reprezentativ al nodului respectiv (I_{11}, I_{22}, I_{33} pe figura 5 sau *Oi* pe figura 3) devine dominant și are extremitatea deasupra și în dreapta punctului extrem al lanțului de vectori (punctul extrem al lanțului de vectori notat O_3 în fig. 5a și b).

Odată aceste 3 grafice întocmite, ele înlocuiesc de aci înainte analizoarele de curent alternativ în studiul mișcărilor procesului dinamic, operațiile avînd o mare analogie cu cele ce se fac în cazul utilizării de asemenea analizoare și anume:

1). Pe aceste grafice se citesc direct curenții wattați și puterile respective ale grupurilor *1*, *2* și *3* (I_w și I_d) așa cum se citesc în cazul analizoarelor de c.a. pe aparatele respective. Curenții au pe toate trei graficele aceeași scară. Puterile au pe cele 3 grafice scări diferite rezultate din înmulțirea scării curenților cu E_1, E_2 și E_3.

2). Odată cunoscute puterile electrice se calculează pentru intervalul respectiv variația unghiurilor fiecărei din mașini și anume $\Delta\delta_1$, $\Delta\delta_2$, $\Delta\delta_3$.

De exemplu pe figura 5*a*, se citește întîi curentul wattat I_{w1} egal cu segmentul $O_1 \cdot s$.

$I_{w1} = 0{,}720$ (72 mm, scara desenului original, aci este redus)

Pentru a afla puterea generatorului *1* se înmulțește curentul cu tensiunea $E = 1{,}175$ sau se măsoară direct cu scara puterilor notată pe axa ordonatelor același segment $O_1\ s$:

$$P_{w1} = 0{,}720 \cdot 1{,}175 = 0{,}845.$$

Puterea mecanică a acestui grup este (vezi exemplul original) 1,005 — se deduce deci dezechilibrul de puteri la începutul primului interval (0,160) și se calculează variația unghiulară în primul interval de 0,5 s (k_1 pentru acest grup este 3,86)

$$\Delta\delta_1 = \frac{3{,}86\ \Delta P_{1\,(0)}}{2} = 0{,}34$$

adică valoarea obținută în coloana 17 a calculului lui L.A. Jukov.

Idem, pe figura 1, *b* se citește curentul I_{w2} și se deduce $\Delta\delta_2$, iar pe figura 1, *c* se citește I_{w3} și se deduce $\Delta\delta_3$.

3). Pe toate trei figurile *a*, *b*, *c* se rotesc apoi curenții de scurtcircuit corespunzători cu unghiurile $\Delta\delta_1$, $\Delta\delta_2$, și $\Delta\delta_3$ și se obțin 3 noi figuri. (Nu au mai fost figurate, vezi exemple de calcul din [4]). În cazul analizoarelor de c.a. se rotesc la fel tensiunile electromotoare interne pe model ale celor 3 mașini *1*, *2*, *3* și se obține o nouă circulație de puteri.

4). Se citesc din nou puterile pe cele 3 grafice la scările puterilor stabilite odată pentru totdeauna la început. În cazul analizoarelor de c.a. se citesc din nou pe model puterile respective.

Cu aceste noi puteri se stabilesc din nou prin calcul la fel ca în cazul utilizării analizoarelor de c.a. variațiile corespunzătoare ale unghiurilor celor 3 generatoare și așa mai departe.

Operațiile pot fi simplificate și mai mult dacă se utilizează 3 analizoare grafice ([10] sistem de rigle articulate care facilitează formarea figurei).

Se obțin astfel 3 grafice în evantai, pentru fiecare nod (*1*, *2* și *3*) cîte unul, din care reproducem aci numai poziția inițială și finală în timpul scurtcircuitului pentru nodul *2* (fig. 5, *b* axa notată cu $t = 0{,}25$). Aceste 3 grafice dau

indicații asupra variațiilor mărimilor în această primă fază de la $t = 0$ la $t = 0{,}25$ secunde.

Astfel rotirea axelor în acest interval arată variația fazelor tensiunilor interne E_1, E_2, E_3 sau

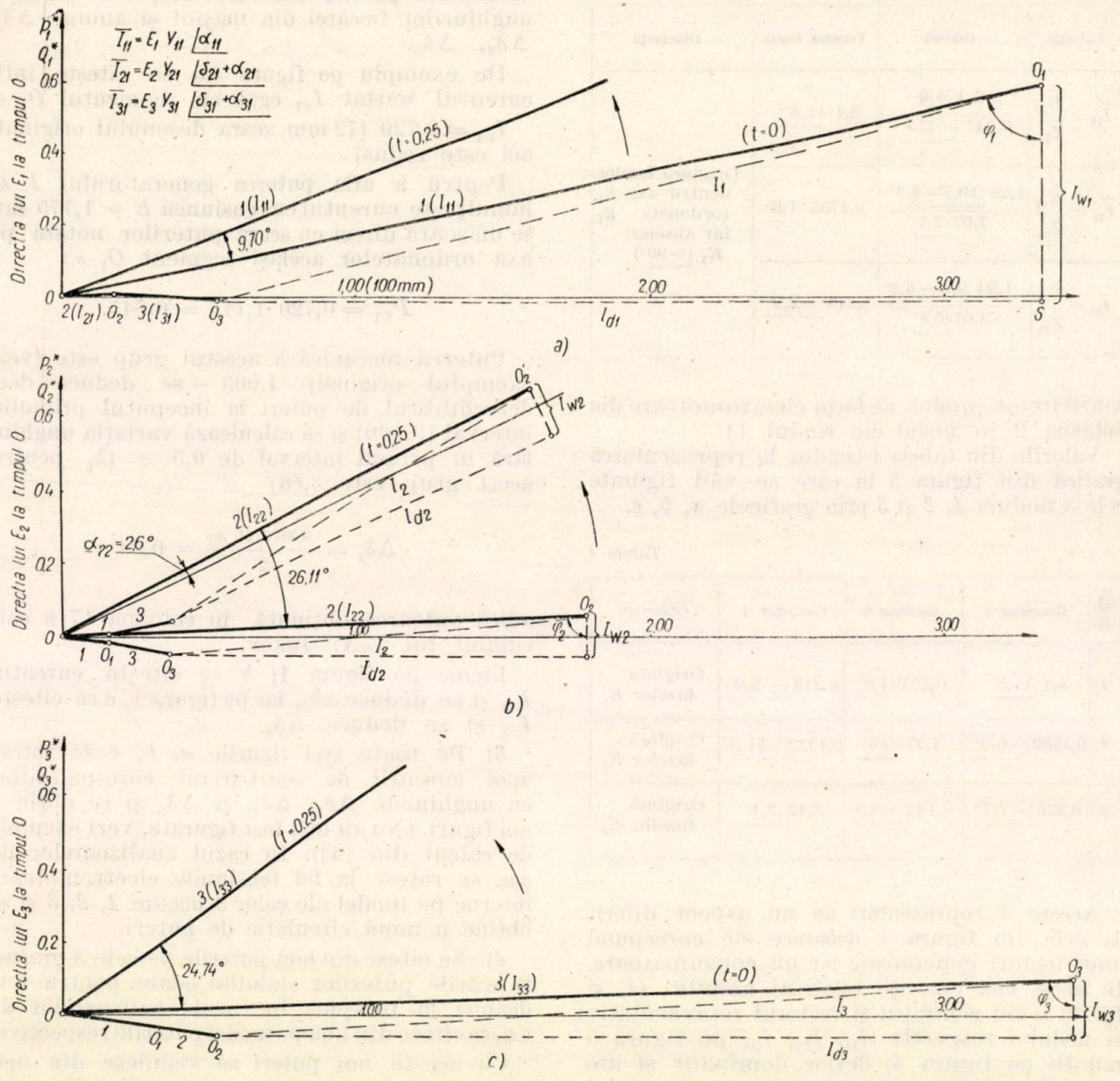


Fig. 5. Reprezentarea grafică a 3 noduri imediat după scurtcircuit în cazul particular al nodurilor generatoare cu tensiune menținută constantă de tensiunea internă a generatorului respectiv. Curenții I_w și I_d sînt în acest caz pe cele 3 figuri curenții generatorilor respectivi *1*, *2* și *3*. Ei măsoară și puterile la altă scară, tensiunile fiind constante în timpul procesului dinamic. $I = 1 \mathrel{\widehat{=}} 100$ mm (figura redusă).

secunde). Eliminarea defectului la 0,25 secunde înseamnă schimbarea bruscă a valorilor curenților de scurtcircuit din cauza schimbării impedanțelor ce leagă cele 3 noduri.

a rotorilor respectivi. Se poate măsura pe graficul respectiv pentru faza lui E_1 o variație de 9,70 pentru E_2, 26,11° și pentru E_3 24,74° (Pe grafice s-a notat variația unghiulară a vectorilor I_{11}, I_{22} respectiv I_{33}, identică cu cea a axelor, deoarece unghiurile α_{11}, α_{22} și α_{33} rămîn constante în intervalul de timp 0—0,25

În cazul nostru aceste impedanțe sînt pentru nodul *2* de ex. (valori luate din lucrarea citată) :

$$Z_{22} = 0{,}83 \angle 85{,}4° \qquad \alpha_{22} = 4{,}6°$$
$$Z_{12} = 2{,}219 \angle 92{,}2° \qquad \alpha_{12} = -2{,}2°$$
$$Z_{32} = 1{,}665 \angle 100{,}5° \qquad \alpha_{32} = -10{,}5°$$

Axa absciselor rămîne cea obținută în figura 5, *b* la timpul 0,25 secunde, căci după cum știm această axă este rigid legată de faza tensiunii E_2, fază care nu variază în primul moment (timpul 0,25) al eliminării defectului. Această axă s-a rotit în 0,25 secunde cu unghiul 26,11° (se măsoară pe figură), unghi care reprezintă variația unghiulară a tensiunii E_2 a nodului *2*. Față de axa în noua poziție vectorii I_{22}, I_{12} și I_{32} devin :

$$I_{22} = \frac{1,24}{0,83} \underline{|\alpha_{22}} = 1,5 \underline{|4,6°}$$

$$I_{12} = \frac{1,175}{2,219} \underline{|\delta_{12} + \alpha_{21}} = 0,53 \underline{|-23,01°}$$

δ_{12} de mai sus se poate măsura direct pe graficul din figura 5, *b* și este unghiul cu care a variat față de axele mobile solidare cu E_2 vectorul I_{12} (notat *1*) solidar cu E_1 plus diferența inițială de fază între E_1 și E_2 din tabela 1 (se poate măsura și deduce de asemenea pe figurile *a* sau *c* pentru verificare). Unghiul nou total al lui I_{12} (ca și al lui I_{32}) se mai poate afla direct din ultima poziție a lui I_{12} înainte de schimbarea bruscă, poziție care se rotește cu diferența ce se obține asupra unghiului α_{12} dupe schimbarea bruscă (0,4° în cazul de față)

$$I_{32} = \frac{1,24}{1,665} \underline{|\delta_{32} + \alpha_{32}} = 0,735 \underline{|-13,5°};$$

δ_{32} — idem s-a măsurat pe graficul din fig. 5, *b* și este unghiul cu care a variat vectorul I_{32} (notat *3*) plus diferența inițială de fază între E_1 și E_2 din tabela *1*.

La unghiurile de mai sus se poate adăuga unghiul de 26,11° cu care s-au rotit axele figurii și se obține unghiul total al vectorilor față de axele fixe inițiale la timpul $t = 0$. Reprezentarea grafică corespunzătoare se vede pe fig. 6 ; vectorii *1*, *2* și *3* din fig. 6, 00_1 ; 00_2 ; $0_1 0_3$ fiind vectorii I_{12}, I_{22} și I_{32} în momentul 0,25 secunde imediat după schimbarea bruscă (eliminarea defectului). Această figură comparată cu fig. 5, *b* la $t = 0,25$ secunde dă imaginea sugestivă a schimbării bruște a diverselor mărimi privite din punctul *2* după eliminarea defectului.

Se măsoară apoi puterea (I_{w2}) electrică pe acest nou grafic și se deduce variația unghiului, operațiile fiind identice cu cele descrise pentru prima fază.

Pe fig. 6 s-a reprodus graficul în evantai ce rezultă la timpul 0,5 , 0,65 și 0,7 secunde pe care s-au măsurat puterile electrice respective și care au fost transformate pentru timpul următor prin schimbarea unghiurilor vectorilor. Astfel la timpul 0,5 secunde se măsoară pe figură :

$I_{w2} = 19,5\text{mm} \mathrel{\widehat{=}} 0,195$; $P_2 = 1,24 \cdot 0,195 = 0,242$ — rezultă $\Delta P_2 = 0,4 - 0,242 = 0,158$ (vezi și calculul analitic al lui Jukov), etc.

La sfîrșitul calculului grafic se obțin 3 asemenea grafice complete pentru cele 3 noduri, grafice al căror aspect dă indicații asupra *fenomenului studiat care apare astfel „văzut" din*

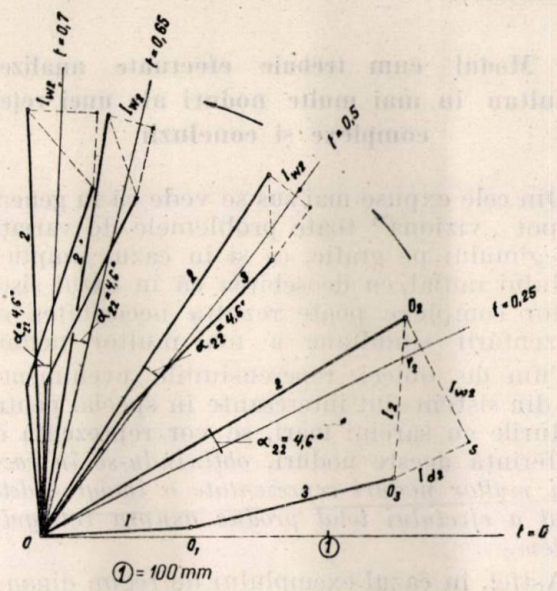


Fig. 6. Regimul dinamic după eliminarea defectului (0,25 s) *văzut din nodul 2*. A se observa mișcările vectorilor *1* și *3* (I_{12} și I_{31}) față de vectorul *2* (I_{22}) între 0,25 secunde și 0,7 secunde. După timpul 0,65 secunde se vede o tendință de revenire a depl sărilor relative care indică stabilitate.

3 puncte diferite. În cazul de față s-a căutat numai rezultatul în cazul problemei stabilității dinamice. Cele 3 grafice reproduse aci parțial indică toate același răspuns (vezi fig. 6), că regimul este stabil deoarece vectorii solidari cu rotoarele mașinilor, văzuți din oricare din cele 3 puncte, prezintă mișcări de pendulare unul față de celălalt (nu se observă nici o tendință de desprindere la vreunul din ei). (A se vedea ultima poziție reprezentată la 0,7 s, care marchează întoarcerea vectorilor *1* și *2* către o mișcare în sens contrar față de aceea ce se observă la timpurile precedente). Se mai poate observa pe aceste grafice în plus :

— Curenții wattați și dewattați și curenții totali cu fazele și cu evoluția lor în timp pentru fiecare din generatori (I_1, I_2, I_3)cu componentele lor se măsoară direct pe grafice. Aceste indicații ar putea fi folosite în probleme de protecție.

— Importanța relativă și absolută a fenomenului pentru fiecare din cei 3 generatori echivalenți. Pe cele 3 grafice din fig. 5, făcute la aceeași scară pentru curenți, se poate observa

participarea centralelor *1* și *3* cu curenți mari și importanța mai redusă a centralei *2*. Se vede solicitarea puternică atît relativă cît și absolută a generatorului *3* în putere reactivă în timpul scurtcircuitului (vezi φ_3).

Mai trebuie adăugat că un asemenea calcul dinamic ca cel din exemplul citat, cu analiza a 3 noduri simultane, făcut pe cale grafică, cere un timp de circa 3 ore unui tehnician experimentat (fără timpul necesar reducerii schemelor).

IV. Modul cum trebuie efectuate analizele simultan în mai multe noduri ale unei rețele complexe și concluzii

Din cele expuse mai sus se vede că în general se pot „viziona" toate problemele de variație a regimului pe grafic, ca și în cazul simplu al nodului radial, cu deosebirea că în cazul sistemelor complexe poate rezulta necesitatea reprezentării simultane a mai multor noduri.

Cum de obicei repercusiunile evenimentelor din sistem sînt interesante în special pentru nodurile cu sarcini mari, se vor reprezenta de preferință aceste noduri, *obținîndu-se în cazul mai multor noduri reprezentate o imagine detaliată a efectului total produs asupra întregului sistem.*

Astfel, în cazul exemplului de regim dinamic studiat mai sus ar fi fost potrivit să se reprezinte sistemul numai prin 2 grafice, ceea ce echivala cu regimul dinamic privit din 2 puncte apropiate de locuri de consum și anume :

a) Un prim grafic pentru nodul din *A* (unde s-ar fi mutat pentru calcul și sarcina apropiată de *A'*), cu 2 generatori legați radial și anume cei notați cu *2* și *3* plus o legătură la restul rețelei complexe, și ea cu 2 generatori.

b) Un al doilea grafic pentru nodul unui punct echivalent apropiat de punctele *B* și *B'* cu sarcini importante (se putea stabili o schemă echivalentă cu 2 ramuri radiale pentru cele 2 generatoare ce au compus ulterior generatorul *1*, eventual punctul central *0* al rețelei din fig. 4, *b*).

Pe primul grafic se determinau puterile date de fiecare din generatorii *2* și *3* care sînt legați radial, iar pe al doilea grafic se determinau puterile celorlalți 2 generatori. Se mențineau astfel toți 4 generatori (se puteau face și mai multe reprezentări dacă se dorea o exactitate mai mare). La finele calculului celor 2 grafice în evantai ar mai fi rezultat în acest caz următoarele informații :

— *Variațiile tensiunii ca mărime și fază în nodul A și în nodul B* în diversele timpuri (abscisele graficelor respective măsoară direct tensiunea, vezi [4]).

— *Imaginea fenomenului privită* din aceste 2 puncte, ceea ce putea orienta multe alte concluzii. Astfel, în fig. 7 am reprodus la timpul

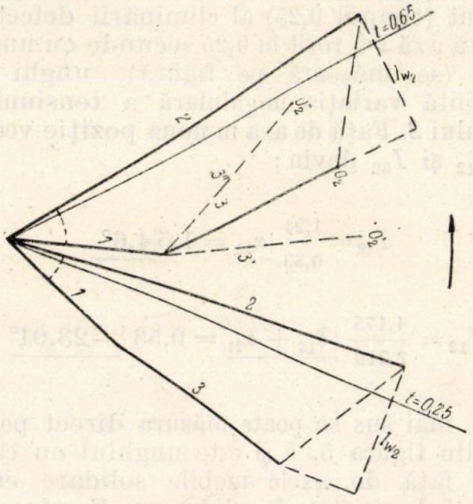


Fig. 7. Diverse aspecte posibile teoretic și indicațiile ce pot fi culese Astfel variația excitației grupului *3* are efecte contrare asupra puterii grupului *2* (I_{w2}) în cele 2 poziții posibile O'_2 și O''_2.

0,65 secunde 3 aspecte calitativ diferite pe care le-ar fi putut indica imaginea fenomenului privită din punctul *2* în cazul unor situații diferite de cele cercetate în exemplul din figura 6. Cele 3 poziții pe care presupunem că le-ar lua vectorul reprezentativ al generatorului *3* și anume O_2, O'_2 și O''_2 arătate în figura 7, conduc la trei fenomene diferite, în ceea ce privește efectul creșterii excitației grupului *3* asupra mișcării grupului *2* (grup ce s-ar fi dovedit de exemplu ca determinant în problema cercetată). În poziția O_2, mărimea vectorului *3* (corespunzător mărimii excitației) e fără efect asupra puterii grupului *2*, deoarece vectorul *3* este perpendicular pe vectorul I_{w2}. În poziția O'_2 mărimea vectorului *3* aduce creșterea puterii electrice a grupului *2*, iar în poziția O''_2 scăderea acestei puteri. Asemenea examinări pot da posibilități noi de raționare în diverse probleme, cum ar fi în cazul de mai sus în cercetarea efectului „*forțării excitației*".

*

În esență putem enumera următoarele puncte pentru caracterizarea analizelor pe această cale :

1). Analiza nodală utilizînd curenții de scurtcircuit și reprezentările grafice ce rezultă poate fi utilizată și în cazul rețelelor celor mai complexe, păstrîndu-și aceleași calități ca în cazul nodurilor cu legături radiale.

2). În cazul rețelelor complexe, rezultă de multe ori necesitatea aplicării simultane a reprezentării în mai multe noduri.

3). Caracterul principal al reprezentării mărimilor pe această cale în cazul sistemelor com-

plexe rămîne imagine sugestivă. Sistemul apare astfel ca şi cum ar fi „*văzut*" dintr-un anumit nod, cel reprezentat, fiecare element din sistem apărînd cu importanţa şi efectul lui asupra nodului.

4). Calculul grafic este preferabil în orice caz celui analitic în cazul cînd nu se dispune de mijloace speciale, fiind incomparabil mai simplu, indiferent de numărul de reprezentări ce ar fi necesare, şi cu posibilităţi mai mici de erori.

5). Exactitatea calculului grafic este comparabilă cu cea a calculului analitic, totul depinzînd de mărimea scărilor pentru curenţi şi exactitatea cu care se măsoară unghiurile (se vor utiliza raportoare cu rază mare). Timpul de lucru este incomparabil mai scurt în cazul calculului grafic.

6). În cazul reţelelor complexe, determinarea impedanţelor proprii şi reciproce este după cum ştim o problemă laborioasă în cazul cînd nu se dispune de mijloace speciale. În această direcţie calea nouă propusă nu aduce nimic nou. Atît pentru rezolvarea acestei probleme cît şi pentru uşurarea totală a calculelor, s-a încercat combinarea „analizei grafice" cu calculatorul numeric. Rezultatele sînt mai mult decît încurajatoare. Vom arăta într-un studiu viitor ce se poate realiza din combinarea acestor două mijloace.

Bibliografie

[1] Dimo P.: *Reprezentarea maşinii sincrone prin curenţii săi de scurtcircuit.* „Energetica" nr. 10, 1956.

[2] Dimo P.: *O cale nouă pentru aprecierea stabilităţii* „Studii şi cercetări de Energetică", vol. V, nr. 1, 1955.

[3] Dimo P.: *Aplicarea metodei consumatorului unic în cercetarea stabilităţii dinamice.* „Studii şi cercetări de Energetică", vol. IX, 1956.

[4] Dimo P.: *Analiza sistemelor electroenergetice prin refacerea nodurilor.* Editura Tehnică — 1 volum, Bucureşti, 1959.

[5] Dimo P.: *L'analyseur graphique.* CIGRE 1958, rapport 302.

[6] Venicov V. A.: *Procesele electromecanice transitorii din sistemele electroenergetice.* 1958, Gosenergoizdat.

[7] Idanov P. S.: *Stabilitatea sistemelor electroenergetice,* 1948, Gosenergoizdat, traducere în l. română.

[8] Crary S. B.: *Power system stability.* J. Willey, 1950.

[9] Kimbark E. W.: *Power system stability.* J. Willey, 1948.

[10] Marcovici I. M.: *Sistemele energetice şi regimurile lor de funcţionare,* 1957. Gosenergoizdat.

[11] Manea F.: *Studiu comparativ al unei noi căi de apreciere a stabilităţii.* „Studii şi cercetări de energetică", nr. 1—2, 1955.

[12] Groza L., Moraite G., Itoafă A.: *Determinări prin încercări pe viu.* Energetica nr. 5, 1958.

[13] Itoafă Al.: *Comparaţie între metoda „Analizei grafice" şi metodele cunoscute.* Studii şi cercetări de Energetică nr. 3, pag. 503—528, 1959.

[14] * * *: Dare de seamă CIGRE, sesiunea 1958. Paris, Vol. 1, pag. 736 şi 755.

Actualele tendinţe în proiectarea centralelor termoelectrice din R.P.R.

Ing. *V. I. NITU*, ing. *N. VASILESCU*

În Raportul C.C. al P.M.R., prezentat de tov. Gheorghe Gheorgiu-Dej, cu privire la activitatea partidului în perioada dintre Congresul al II-lea şi Congresul al III-lea al Partidului, cu privire la planul de dezvoltare a economiei naţionale pe anii 1960—1965 şi la schiţa planului economic de perspectivă pe 15 ani se prevede ca producţia de energie electrică să crească la 18,5 miliarde kWh în 1965 şi la 65—70 miliarde kWh în 1975. În raport se precizează de asemenea că creşterea puterii instalate pînă în 1965 de circa 2.300 MW se va realiza în proporţie de 80% în centrale termoelectrice folosind gaze de joasă presiune în apropierea zăcămîntului, lignit şi deşeuri de cărbune.

În lumina sarcinilor ce ne revin pe linia hotărîrilor Congresului al III-lea al P.M.R. proiectarea centralelor termoelectrice trebuie să se facă în condiţii cît mai economice şi la un înalt nivel tehnic. În articolul de faţă se analizează unele din problemele specifice dezvoltării energeticei noastre în perioada care urmează.

1. Generalităţi

Centralele termoelectrice vor avea şi în viitor o pondere mare în producerea energiei electrice în ţara noastră.

Dacă se urmăreşte evoluţia centralelor termoelectrice executate sau în curs de execuţie în R.P.R. în cadrul planului de electrificare elaborat sub conducerea şi îndrumarea P.M.R., se constată o linie ascendentă în creşterea parametrilor, puterilor unitare şi a puterilor totale ale centralelor.

Stabilirea parametrilor şi puterilor unitare s-a făcut pe baza nivelului dezvoltării sistemelor noastre energetice şi a stadiului industriilor producătoare de echipament din ţară şi străinătate. Centralele Comăneşti de 24 MW şi Ovidiu de 36 MW, cu parametrii aburului la cazan de 32 ata şi 400°C, primele realizări ale planului de electrificare, se plasează la nivelul celor mai multe din centralele existente în ţară în acea vreme. Centrala Doiceşti cu 6 grupuri de 20 MW cu parametrii aburului de

64 ata și 480°C reprezintă un progres, mai ales că este prima centrală care funcționează cu lignit inferior.

Centralele Sîngeorgiu și Paroșeni, avînd fiecare o putere de 150 MW sînt superioare precedentelor atît prin puterea unitară a grupurilor (25 MW și 50 MW) cît și prin parametrii aburului : 100 ata și 500°C. Următoarea etapă este marcată prin extinderea centralei Borzești cu grupuri de termoficare de 50 MW de tipul VPT — 50 —3, cele mai mari grupuri de termoficare din U.R.S.S., și cu parametrii aburului de 140 ata și 570°C și prin construcția centralei electrice de termoficare Ploiești cu o putere într-o primă etapă de 200 MW, cu turbine de tip VPT—50—3 și PVR—50. Aceste centrale se ridică la nivelul superior al producerii combinate de energie electrică și termică, realizînd importante economii de combustibil prin termoficare.

În curînd va începe execuția centralelor termoelectrice Luduș și Craiova care, deși se mențin în aceiași parametri ca centralele Borzești (extindere) și Ploiești, reprezintă un progres față de acestea, atît în privința puterii instalate (300 MW cu posibilități de extindere la 600—700 MW) cît și în privința puterii unitare, a grupurilor (100 MW). Evoluția ascendentă a realizării centralelor termoelectrice din R.P.R. se caracterizează nu numai prin creșterea parametrilor ci și prin îmbunătățirea celorlalți indici : scăderea consumurilor specifice, creșterea gradului de automatizare, micșorarea numărului personalului de deservire etc.

Concomitent cu centralele mari s-au construit sau sînt în curs de construcție centrale de termoficare pentru alimentarea cu abur și energie electrică a diverșilor consumatori industriali ca de ex. CET Tg. Jiu, Gălăuțaș, Roznov, Țăndărei Blaj, Gherla, Suceava, Popești-Leordeni, Iași etc.

Între centralele mari regionale și centralele mici cu caracter departamental, apare o mare diferență în ceea ce privește indicii tehnico-economici.

Astfel costul specific pe kW instalat este aproximativ de 2 ori mai mic la centralele mari față de micile centrale industriale, în timp ce durata de utilizare a acestora este sensibil mai mică.

Și ceilalți indici (volum specific, personal de exploatare etc.) sînt inferiori în cazul centralelor industriale.

2. Căile de ieftinire a centralelor termoelectrice

2.1. *Creșterea puterii unitare a agregatelor și a puterii totale a centralelor*

2.1.1. *Situația pe plan mondial.* Trecerea la centrale termoelectrice de puteri foarte mari, ca urmare a importantelor lor avantaje economice, reprezintă o nouă etapă în energetica mondială.

Astfel în U.R.S.S. puterea cea mai mare a unei centrale termoelectrice în funcțiune este 750 000 kW. În fază de proiectare și execuție se află CTE de puteri 1200—2400 MW, care vor folosi agregate de 300—600 MW.

Analiza datelor privind centralele de mare putere arată că creșterea puterii acestora a avut și are loc concomitent cu creșterea puterii unitare a grupurilor, influențînd costul specific așa cum rezultă din tabela 1.

Tabela 1

Puterea CTE MW	Costul specific al unui kW instalat, în funcție de tipul turbinei în %.		
	PVK—200	SVK—300	SVK—600
1200	100	95,0	86,2
1800	100	92,5	79,5
2400	100	90,0	75,6

Pe lîngă reducerea investițiilor, creșterea puterii unitare a agregatelor conduce la economii sensibile de combustibil (tabela 2).

Tabela 2

Tipul turbinei	Puterea turbinei în	Parametrii aburului			Supraîncălzit intermediar	Consumul specific de căldură
		Presiunea aburului viu	Temperatura aburului viu	Temperatura aburului		
	MW	ata	°C	°C	kcal/kWh	%
VKT—100	100	90	535	—	2210	100
PVK—150	150	130	565	565	2040	92,7
PVK—200	200	130	565	565	2000	90,9
SVK—300	300	240	580	565	1830	83,2
SVK—600	600	240	580	565	1810	82,3

În condițiile actuale, cînd problema folosirii raționale a combustibililor clasici se pune tot mai acut, trecerea la agregate cu consumuri specifice cît mai mici apare ca o necesitate.

Reducerea investițiilor la o centrală cu agregate de același tip se realizează prin montarea unui număr mai mare de agregate.

Cea mai importantă economie (de ordinul 10%) se realizează prin trecerea de la 2 la 4 agregate, prin creșterea următoare a numărului de agregate înregistrîndu-se o scădere a investițiilor specifice mai puțin importantă (tabela 3).

Totodată se obțin importante economii atît la cheltuielile de investiții cît și la cheltuielile de

exploatare, ca urmare a scăderii numărului personalului de exploatare.

Dacă la o centrală de 4×50 MW sînt 3,1 oameni/MW, la o centrală de 4×600 MW se ajunge la 0,3 oameni/MW (tabela 3). [1]

Linia de dezvoltare conturată pe plan mondial din punct de vedere tehnico-economic este urmată în general și de energetica țării noastre, în ceea ce privește adoptarea de echipamente cu puteri unitare din ce în ce mai mari, cu

Tabela 3

Nr.	Puterea centralei	Numărul și tipul turbinelor	Investițiile specifice		Numărul specific de personal		Costul energiei la 100 ruble/t comb. conv.	
	MW		ruble/kW	%	oameni/MW	%	copeici/kWh	%
1	100	2 VKT—50	1408	100	5,4	100	8,21	100
2	200	4 VKT—50	1265	90	3,1	57,4	6,92	84,4
3	300	6 VKT—50	1220	86,5	2,34	43,4	6,47	78,6
4	200	2 PVK—100	1210	100	2,20	100	5,95	100
5	400	4 PVK—100	1105	91,4	1,35	61,5	5,39	90,5
6	600	6 PVK—100	1070	88,4	1,07	48,6	5,19	87,3
7	800	8 PVK—100	1050	86,8	0,93	42,2	5,1	85,8
8	300	2 PVK—150	1060	100	1,53	100	5,37	100
9	600	4 PVK—150	945	89,2	0,93	60,8	4,94	92,1
10	900	6 PVK—150	905	85,4	0,73	47,6	4,8	89,4
11	1200	8 PVK—150	885	83,5	0,63	41,2	4,72	87,8
12	400	2 PVK—200	1000	100	1,15	100	5,08	100
13	800	4 PVK—200	890	89	0,7	61	4,73	93,2
14	1200	6 PVK—200	850	85	0,55	47,8	4,6	90,6
15	1600	8 PVK—200	830	83	0,48	41,7	4,56	89,8
16	600	2 SVK—300	930	100	0,8	100	4,54	100
17	1200	4 SVK—300	805	87	0,48	60	4,25	93,6
18	1800	6 SVK—300	765	82,4	0,38	47,5	4,14	91,2
19	2400	8 SVK—300	740	79,7	0,33	41,3	4,08	90
20	1200	2 SVK—600	735	100	0,47	100	4,12	100
21	2400	4 SVK—600	620	84,4	0,3	64	3,91	95

Dezvoltarea puterilor unitare a agregatelor s-a făcut concomitent cu creșterea parametrilor. Astfel s-a stabilit o scală de puteri și parametri, rezultată din calculele tehnico-economice ale creșterii puterilor unitare, cu luarea în considerare a scumpirii pe care o atrage mărirea parametrilor și a economiilor de combustibil care se obțin. În U.R.S.S. s-a stabilit pe baza acestor considerente următoarea scală a parametrilor și puterilor unitare a turbinelor și cazanelor :

— la parametrii aburului 90 ata și 535°C, turbine pînă la 50 MW cu cazane de 220 t/h ;

— la parametrii aburului de 130 ata, 565/565°C, 100, 150 și 200 MW cu cazane de 320, 500 și 640 t/h.

— la parametrii aburului de 240 ata, 580/565°C, 300 și 600 MW cu cazane de 950 și 1900 t/h.

Natura combustibilului care se folosește (gazos, lichid sau solid) influențează în mod direct reducerea investițiilor. Așa cum rezultă din datele statistice, folosirea gazului metan față de folosirea combustibilului solid conduce la economii de circa 20—25%.

2.1.2. *Situația la noi în țară.* Ritmul mereu crescînd al consumului de energie în țara noastră conduce la necesitatea instalării de noi puteri în centralele electrice.

parametri cît mai ridicați, concentrate în centrale cît mai mari.

Factorii tehnico-economici care limitează mărirea puterii unitare a grupurilor și a centralelor și odată cu acestea și a parametrilor, sînt :

— necesitatea măririi rezervei de avarie din sistem ca urmare a creșterii probabilității de avarie, prin reducerea numărului de unități, gradul de siguranță rămînînd același ;

— necesitatea măririi puterii de transport a liniilor electrice ale sistemului ;

— dificultățile ce apar în procurarea debitelor de apă necesare, care în anumite părți ale țării sînt prohibitive pentru realizarea de centrale cu puteri foarte mari.

Din studiile întocmite de I.S.P.E. rezultă că, într-o primă etapă, în condițiile funcționării izolate a sistemului energetic al țării, instalarea grupurilor cu puteri pînă la 150—200 MW și chiar 300 MW sînt indicate din punct de vedere economic, economicitatea și investițiile inițiale crescînd odată cu puterea unitară a grupurilor.

Puterea unitară a centralelor, rezultată din aceleași studii va depăși în viitor 600—700 MW, putînd ajunge, în anumite condiții, la puteri de ordinul a 1200 MW.

Dintre elementele mai sus arătate care concură la limitarea puterii centralelor, asigurarea debitelor de apă necesare va ridica problemele cele mai dificile.

Avantajele importante care se obțin prin concentrarea puterii în centrale termoelectrice mari, justifică pe deplin investițiile suplimentare care trebuie făcute în lucrări de regularizare a debitelor rîurilor prin lucrări de acumulare care să asigure apa necesară, cu atît mai mult cu cît asemenea lucrări vor fi necesare și din alte considerente.

2.2. *Scăderea ponderii părții de construcție în investiția generală a centralei, prin amplasarea în exterior a echipamentelor*

O cale importantă de reducere a costului centralelor termoelectrice constă în reducerea volumului clădit.

Aceasta a condus la realizarea de centrale electrice semideschise sau chiar deschise, la care echipamentul principal este instalat parțial, respectiv în întregime în aer liber.

Singura centrală mare de tipul deschis realizată în Europa este centrala din orașul Bordeaux situat într-o zonă cu un climat favorabil din acest punct de vedere.

În U.R.S.S., deși condițiile climatice sînt mult mai severe, problema executării de termocentrale în aer liber a fost foarte mult discutată în ultima vreme. Din calculele tehnico-economice făcute a rezultat ca avantajoasă executarea de centrale deschise în zonele cu temperatura de calcul pînă la —20°C —25°C.

O experiență mai bogată se așteaptă să se acumuleze în urma dării în funcțiune a centralelor pe gaze în execuție deschisă de la Krasnodar și de la Nevinomîske, unde numărul de ore cu temperaturi sub 0°C se ridică la 1400—2300 pe an.

În afara acestor centrale, în U.R.S.S. s-a propus construirea cu caracter experimental a două centrale, funcționînd pe cărbune; una cu agregate de 300 MW la Novocerkask, unde temperatura de calcul este — 21°C și alta cu agregate de 50 MW la Alma-Ata, unde temperatura de calcul este —22°C.

După previziunile actuale, în U.R.S.S. urmează să se construiască centrale termoelectrice deschise cu o putere totală de 4 milioane kW.

În țara noastră există anumite instalații energetice în execuție deschisă. Astfel, la una din rafinăriile din centrul Ploiești, funcționează un cazan de 10 t/h, 2 cazane de 45 t/h și un cazan IPROM de 20 t/h de construcție curentă cu presiunea de 40—45 ata și temperatura de 400 — 450°C, montate complet în aer liber. Două din aceste cazane sînt îmbrăcate în tablă, iar două sînt cu cărămidă aparentă; fiecare cazan este prevăzut cu un acoperiș metalic. La combinatul forestier din Rîmnicul Vîlcea se află de asemenea un cazan de 10 t/h, 16 ata, montat în aer liber.

Exploatarea acestor instalații, cît și a numeroaselor cazane de tip locomotivă, montate în schelele petrolifere, confirmă posibilitatea funcționării normale a acestor instalații.

Cu anumite măsuri de precauție care trebuie luate în timpul funcționării cît și în timpul opririlor, se poate asigura o exploatare normală, lucru confirmat și de personalul de exploatare al acestor instalații.

Tendința realizării de centrale în aer liber este justificată atît din punct de vedere economic, cît și din punct de vedere al scurtării termenelor de realizare (tabela 4).

Tabela 4

Scurtarea duratei de execuție a lucrărilor la o centrală cu 6 grupuri de 200 MW [3]

Lucrarea	Durata lucrării, în luni		Reducerea duratei, în %
	Centrală închisă	Centrală deschisă	
1. Pregătirea lucrului	16	8	50
2. Lucrările pentru punerea în funcțiune a primului grup.	28	20—22	25
3. Centrala la puterea proiectată	44	27	30

În tabela 5 sînt date investițiile comparative pentru două centrale de 600 MW, funcționînd pe gaze, iar în tabela 6 diferențele de investiții între soluțiile semideschisă, deschisă dar cu sala condensatoarelor închisă și deschisă complet, pentru o centrală de 530 MW, pe cărbune [4].

Ținînd seama de avantajele reducerii volumului lucrărilor de construcție, atît în ceea ce privește investițiile cît și termenele de realizare, s-au prevăzut dispoziții compacte ale utilajului în dispoziții semideschise (CET Ploiești, CET Borzești, CET Roznov ș.a.) și s-au propus soluții cu turbine în aer liber, protejate.

Studiile întocmite în acest sens au arătat că în condițiile climatice ale R.P.R., favorabile în mare măsură construcțiilor în aer liber (tabela 7), avantajele ce se obțin din punct de vedere al investițiilor și al termenelor de realizare sînt comparabile cu cele indicate în literatura de specialitate străină.

Aceste avantaje sînt însă compensate în timp, datorită pierderilor de căldură în mediul ambiant, care, la centralele mici, sînt de natură a face soluțiile deschise contraindicate, datorită pierderilor de căldură relativ mari.

Influența pierderilor de căldură este mai mare în cazul centralelor pe cărbuni, la care

Tabela 5

Compararea costurilor unei CTE în execuţie închisă şi a unei CTE în execuţie exterioară cu agregate de 150 MW (4 PVK—150+4×500), funcţionînd pe gaz metan

	Centrala închisă		Centrala exterioară		Ieftinirea (—) şi scumpirea (+) în comparaţie cu o centrală închisă	
	ruble/kW	%	ruble/kW	%	ruble/kW	%
I. *Pe amplasament*						
1. Echipamente	307	46,4	315	49,2	+ 8	+ 2,6
2. Lucrările de construcţie şi montaj	229	34,6	207	32,5	—22	— 9,6
Din care :						
a) Construcţia corpului principal	51	7,7	28	4,4	—23	—45
b) Lucrări de montaj	78	11,8	79	12,3	+ 1	+ 1,3
Total	536	81,0	522	81,4	—14	— 2,6
II. *În afara amplasamentului* :						
1. Colonia	43	6,5	39	6,1	— 4	— 9,3
2. Construcţii provizorii şi mecanizarea	69	10,4	66	10,3	— 3	— 4,3
3. Comunicaţii subterane	14	—	14	—	—	—
Total	126	19	119	18,6	— 7	— 5,5
Total general	662	100	641	100	—21	— 3,2

avantajul soluţiilor deschise este mai mic, în timp ce costul căldurii este mai mare.

Studiile comparative întocmite la I.S.P.E. au arătat că la o centrală pe cărbuni de 150 MW se obţin economii de investiţii de circa 3,75 % (tabela 8), prin trecerea de la soluţia închisă la soluţia deschisă. Totodată, cheltuielile anuale cresc aşa încît, cele două soluţii devin echivalente din punct de vedere al cheltuielilor totale (investiţii + cheltuieli anuale) după 20 de ani.

De aici se trage concluzia că la perioada de 8 ani luată ca bază pentru aprecierea economicităţii soluţiilor energetice, soluţia cu centrală deschisă este mai economică, adoptarea ei fiind justificată.

Calcule similare întocmite pentru o centrală de termoficare de 8 MW, pe gaz metan, arată că prin montarea cazanelor în aer liber se realizează economii de circa 700 000 lei faţă de soluţia clasică, cu cazanele în clădire, în timp ce cheltuielile anuale suplimentare datorate pierderilor de căldură sînt de circa 55 000 lei/an. Cele două soluţii sînt echivalente după 14 ani de funcţionare, fiind astfel mai economică soluţia cu cazanele în aer liber.

Tabela 6

Diferenţa de investiţii la o centrală de 530 MW de construcţie semideschisă, deschisă, cu sala condensatoarelor închisă şi complet deschisă, faţă de soluţia clasică în construcţie închisă.

Lucrările	Diferenţa, în mii dolari		
	Semideschisă	Deschisă cu sala condensatoarelor închisă	Deschisă complet
1. Alimentarea cu apă a sălii maşinilor	0	0	—25
2. Fundaţii	0	0	—573
3. Pereţii exteriori	—468,3	—938,8	—641,7
4. Instalaţii interioare	—40	—70	—64
5. Cazane	+ 67,6	+67,6	+ 92,6
6. Instal. alimentare	0	+44	+66
7. Conducte gaze şi aer	+55	+55	+65
8. Alim. cu combust.	0	0	+15
9. Conducte la cazane	+ 43,2	+90	+110
10. Grupuri turbogeneratoare	0	+455,4	+455,4
11. Inst. condensatoare	0	0	+30
12. Macara maşini	0	—50	—50
13. Gospodărie ulei	0	0	+5
14. Alte echipamente	—10	—15	—15
15. Diverse cheltuieli	—60	—90	—110
16. Control tehnic	—25	—25	—35
Total	—437,5	—476,8	—679,7

Tabela 7

Date despre temperaturile medii zilnice de calcul pentru diverse localităţi din R.P.R.

	Bucureşti	Borzeşti	Suceava	Tg. Mureş	Craiova	Petroşani	Oradea	Gherla
Temperatura de calcul pentru încălzire °C	—19	—21 —20	—23	—20	—20	—20	—18	—20

Tabela 8

Investiţiile la o centrală pe cărbune de 150 MW

Lucrarea	Soluţia		Diferenţa %
	închisă	deschisă	
1. Clădirea principală	10,0	6,00	—40
2. Staţia de tratare a apei	1,7	1,36	—20
3. Organizare şantier	5,0	4,70	— 6
Total construcţii	27,0	22,36	—17
4. Echipament mecanic	53,0	53,53	+1
5. Echipament electric	8,0	8,36	+4,5
Total investiţii	100	96,25	—3,75

Dacă se ia însă în considerație și soluția cu o sală de cazane alcătuită din elemente constructive ușoare, rezemate pe cazan, peretele din spate al cazanului rămînînd în exterior, investițiile în acest caz sînt cu circa 150 000 lei mai mari ca în soluția cu cazanele în aer liber iar cheltuielile anuale cu circa 45 000 lei/an mai mici.

Timpul de recuperare a plusului de investiții fiind de numai 3,3 ani, soluția cu construcție ușoară rezemată pe cazan este mai avantajoasă din punct de vedere economic.

În concluzie, în condițiile țării noastre, realizarea de centrale cu echipamentul în aer liber este posibilă, după cum confirmă practica instalațiilor existente și oferă importante avantaje inițiale de investiții și timp de realizare.

Aceste avantaje se pierd cu timpul, în special datorită creșterii pierderilor de căldură în mediul ambiant.

Timpul după care soluțiile devin echivalente ca cheltuieli totale, variază în limite largi, în funcție de costul combustibilului și puterea centralei, fapt care face necesară examinarea problemei în fiecare caz în parte.

Ca trăsătură generală a soluțiilor date de I.S.P.E. se remarcă :

— reducerea volumului clădit printr-o dispoziție compactă și renunțarea la corpul degazorilor ;

— realizarea sălii cazanelor din elemente constructive ușoare : acoperiș neizolat termic, rezemat pe cazan și închidere cu pereți ușori între cazane, peretele din spate al cazanului rămînînd în exterior ;

—montarea în aer liber a ventilatoarelor, instalațiilor de separare a cenușii etc.

În aceste condiții, în stadiul actual limita de economicitate a soluțiilor cu cazane în aer liber a fost împinsă în domeniul centralelor mari.

Rămîne de analizat în continuare, împreună cu fabricile furnizoare, problema montării turbinelor în aer liber, care în anumite condiții poate fi interesantă începînd cu cele mai mici centrale.

Problema montării echipamentului în aer liber rămîne deosebit de actuală pentru centralele mari, în special cele pe păcură și gaze și va interesa centralele mici din ce în ce mai mult, pe măsura perfecționării cazanelor de abur și a turbinelor sub aspectul montării lor în exterior.

Economiile inițiale, evaluate la 40—50 milioane lei la o centrală de 600 MW pe gaze și scurtarea timpului de punere în funcțiune 10—16 luni, sînt în stadiul actual deosebit de importante pentru economia națională.

3. Mărirea parametrilor și a puterii unitare la centralele de termoficare industrială

În prezent, centralele de termoficare industrială se fac cu echipament de fabricație indigenă, cu parametri de 36 ata 450°C la cazan.

Din calculele efectuate de I.S.P.E., rezultă că pentru unități mai mari de 50 t/h, ridicarea parametrilor pînă la 60 ata 475°C și chiar pînă la 100 ata 510°C, aduce economii de investiții între 5% și 40%, în funcție de condițiile de funcționare. Se obțin de asemenea economii de combustibil de 3—8%.

Rentabilitatea acestor centrale crește pe măsura măririi puterii instalate și a numărului de ore de utilizare, fapt care face utilă gruparea unui număr cît mai mare de consumatori diferiți, în grupuri industriale deservite de o singură centrală, pe cît posibil de o centrală existentă sau de una din centralele noi necesare sistemului energetic.

Spre exemplu la CET Roznov, care alimentează un complex industrial mare, construită cu cazane și turbine cu debite, respectiv puteri unitare de 3 — 6 ori mai mari decît CET-Tg. Jiu, se realizează un cost pe kW instalat de circa 2 ori mai mic, deși parametrii sînt net superiori.

Trebuie de asemenea menționat că CET Roznov ar fi fost, după cum rezultă din studiile I.S.P.E., mult mai economică dacă s-ar fi adoptat unități mai mari cu parametri mai ridicați.

Tratarea problemei parametrilor și măririi puterii centralelor de termoficare industriale la un nivel superior intereselor departamentale se impune cu necesitate, mai ales în momentul de față cînd apare un număr foarte mare de noi unități industriale.

O asemenea măsură este cu atît mai importantă cu cît această fărîmițare a investițiilor are desigur același aspect negativ și asupra investițiilor de bază, pe lîngă care aceste centrale sînt numai instalații auxiliare.

Probleme dificile în ceea ce privește realizarea acestor centrale mai apar și ca urmare a gamei mari de echipamente necesare.

Din studiile întocmite de I.S.P.E., rezultă că pentru acoperirea în mod economic a necesităților de căldură, în condițiile variate impuse de consumator sînt necesare următoarele măsuri :

— Realizarea unui tip de cazan de 6—10 t/h, ușor transportabil în stare montată, care să constituie prima sursă de căldură la apariția consumatorului și să rămînă mai tîrziu pentru vîrful de consum și rezervă.

— Realizarea unei serii de 3—4 turbine de contrapresiune, dimensionate pentru o gamă oarecare de debite de abur, cum ar fi spre exemplu cea corespunzătoare actualelor cazane de construcție curentă (25—50—75—100 t/h), fiecare realizabilă ca turbină de contrapresiune și priză reglabilă sau ca turbină de contrapresiune pură, presiunea aburului la ieșire putînd fi adaptată necesităților prin modificarea părții finale a turbinei (reducerea numărului de trepte, scurtarea carcasei și a arborelui etc.) în limite suficient de largi.

— Realizarea de cazane cît mai compacte, din elemente mari preasamblate în fabrică, cu condiții mai puțin severe pentru calitatea apei de alimentare, dimensionate pentru a putea fi montate în aer liber sau în construcții rezemate pe cazan.

— Realizarea întregi serii de vane, armături, reductoare, aparataj de măsură etc. necesare.

4. Problema combustibilului pentru centralele mici

Utilizarea combustibilului solid conduce la toate centralele la investiții și cheltuieli anuale mai mari decît în cazul păcurii sau gazelor. Atunci cînd utilizarea cărbunilor este totuși impusă, rentabilitatea maximă se obține în cazul centralelor mari cu amplasamente cît mai aproape de mină.

În aceste condiții, problema utilizării cărbunelui inferior, la centrale mici, îndepărtate de mină, este complet nejustificată.

Din studiile efectuate în țară și străinătate rezultă că utilizarea lignitului inferior nu este rentabilă decît în cazane mai mari de 12 t/h și numai atunci cînd transportul cărbunilor se face la distanțe mai mici de 80—100 km [6].

În consecință, utilizarea lignitului la centrale mici, cum ar fi spre exemplu CET Țăndărei, este insuficient justificată.

Prevederea de noi centrale pe lignit inferior trebuie să se facă numai în baza unei serioase analize tehnico-economice, ținînd seama de investițiile mari necesare și de randamentul energetic al lignitului, care scade considerabil cînd distanța de transport crește. Aceasta cu atît mai mult cu cît, în momentul de față, după cum am arătat mai sus, se pune problema construirii unui număr mare de centrale industriale, din care unele vor fi pe cărbune. Și din acest punct de vedere concentrarea consumatorilor aduce importante avantaje economice.

5. Reglementarea utilizării căldurii

Pe măsura dezvoltării industriilor consumatoare de abur se impune o reglementare legală cu privire la utilizarea aburului, parametrii aburului la consumatori și cantitatea de condensat returnat centralei de termoficare.

În legătură cu aceasta trebuie menționat că sînt consumatori industriali, cum ar fi de exemplu rafinăriile, care utilizează aburul în mod neeconomic în pompe cu piston, cu randament redus, o parte din aburul eșapat de la pompe fiind aruncat în aer liber.

Asemenea situații sînt oneroase din punct de vedere economic și trebuie lichidate.

De asemenea, în ceea ce privește parametrii aburului, practici vechi sau instalații cu strangulări determină anumite industrii să ceară abur cu presiuni mai mari decît cele necesare, fapt care micșorează economicitatea centralelor de termoficare.

Bibliografie

[1] Jilin V. G.: *Tehniko ekonomiceskie pokazateli moșniks kondensationnîse elektrostanții.*

[2] Johns Kearney: *10 th Steam Steam Cost Survey* Electrical World Oct. 7, 1957.

[3] Gudkevici L. A.: *Să construim centrale electrice deschise* — Promîșlenoestroenie, 5, 1959.

[4] Pakșver: *Nekotorie voprosi ekonomiki electrostanții otkrîtogo i poluotkrîtogo tipov v SSA* — Energohoziaistvo za rubejom nr. 1, 1960.

[5] Nitu V. I., Hristoforov Al., Vasilescu N.: *Evoluția concepțiilor de proiectare în domeniul CTE (1949—1959).* Energetica nr. 1, 1960.

[6] Prof. Ramler — *Utilizarea ligniților în scopuri energetice,* Studii și cercetări de energetică nr. 3, 1957, pag. 341.

[7] *Studii și proiecte* I.S.P.E.

Determinarea circulațiilor de putere într-o rețea buclată cu ajutorul calculului matricial

ALEXANDRU PETROIANU

Introducere

Problema determinării circulațiilor de putere este una din cele mai curent întîlnite în domeniul analizei rețelelor electrice.

În cazul rețelelor radiale ea nu prezintă dificultăți deosebite ; în cazul rețelelor buclate însă determinarea circulațiilor de putere cere o cantitate mare de timp unui numeros personal calificat.

Dezvoltarea rapidă a sistemului energetic al R.P.R. a dus la apariția unei rețele buclate.

Lucrarea de față este un rezultat al necesității determinării rapide, în condițiile operative impuse unui serviciu de dispecer, a circulațiilor de putere în rețeaua buclată a sistemului energetic interconectat.

Reprezentînd o contribuție la sarcina automatizării calculelor de regimuri și a folosirii mașinilor electronice de calcul în sistemele electroenergetice, lucrarea se încadrează în Directivele Congresului al III-lea al P.M.R. care prevăd că „se vor introduce mașini electronice de calcul și alte sisteme de programare electronică, pentru automatizarea compexă a unor procese de producție și a unor lucări de calcule economice și statistice".

Prezentarea problemei

Cunoscîndu-se valorile admitanțelor fiecărei ramuri, schema electrică de conexiuni și condițiile limită la $(n-1)$ bare ale rețelei pasive pe care o studiem — puterile active și reactive debitate de generatoare și consumate de receptoare —, (fig. 1,2, tabloul 1), se cere determinarea circulațiilor de putere pe fiecare linie,

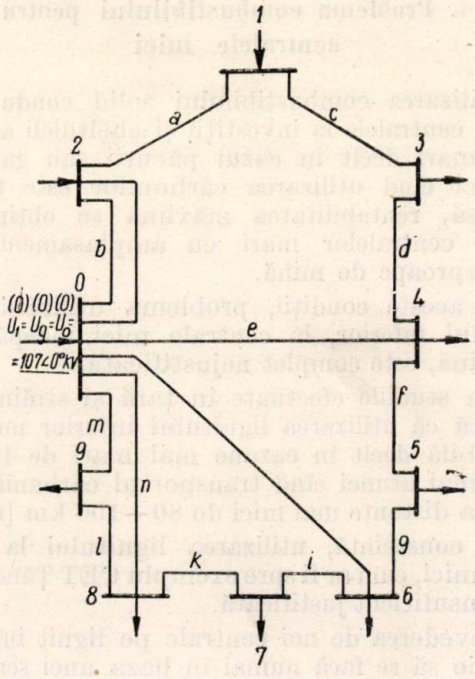


Fig. 1

a tensiunilor la bare și a pierderilor de putere.

Impunînd condiția invarianței puterii la bare ($S_i = P_i + jQ_i = \mathring{U}_i I_i^* = \text{const.}$), schema

[y]	a	b	c	d	e	f	g	h	i	k	l	m	n
a	0,0182 − j0,0364												
b		0,0676 − j0,1139											
c			0,0157 − j0,0284										
d				0,0889 − j0,1609									
e					0,0260 − j0,0515								
f						0,0167 − j0,0417							
g							0,0236 − j0,0737						
h								0,0074 − j0,0197					
i									0,0316 − j0,0983				
k										0,0536 − j0,0802			
l											0,0148 − j0,0238		
m												0,1661 − j0,2625	
n													0,0136 − j0,0216

Fig. 2.

de calcul va fi neliniară [1] iar din punct de vedere matematic echivalentă cu rezolvarea unui sistem de ecuații nelineare.

O metodă de rezolvare a unui astfel de sistem, constă în aducerea problemei într-un domeniu

Tabela 1

Nodul	$\dot{S} = P + jQ$ MVA	Observații
0	$P_0 + jQ$	centrala regulatoare de f^0
1	32,5 − j 8,45	
2	0 + j 4,9	
3	0 + j 0	echipată excedent de sist.
4	−43 + j 3,3	
5	−4 − j 1,7	
6	−18 + j 0,7	
7	−4 − j 1,3	
8	−4 + j 2,8	
9	−1,5 − j 1,1	

1. Efectul capacitiv al liniilor a fost considerat ca o sarcină reactivă suplimentară în noduri
2. Nodul 0 are tensiunea impusă $\dot{U}_0 = 107\angle 0°$ kV

linear și, prin rezolvarea succesivă a unor sisteme de ecuații lineare, obținerea soluției sistemului de ecuații nelineare.

Prin metoda Newton-Raphson [2], liniarizarea se obține desfășurînd sistemul de ecuații nelineare (I—2) în șir Taylor (A—I).

Metoda de linearizare folosită în articol constă în împărțirea fiecărei ecuații prin tensiunea nodului respectiv.

Prin aceasta sistemul de ecuații nelineare — sistem de ecuații de gradul doi — devine un sistem de ecuații lineare.

Etapele rezolvării problemei pe această cale sînt următoarele :

1. Se aproximează un regim al tensiunilor nodurilor față de neutru, considerate pentru început ca fiind egale și în fază

$$(\dot{U}_1^{(0)} = \dot{U}_2^{(0)} = \ldots = U_N^{(0)} \angle 0°)$$

2. Corespunzător acestui regim de tensiuni se calculează curenții în fiecare nod.

$$\left(I_i^{(1)} = \frac{S_i^*}{U_i^{(0)*}} \right)$$

3. Se scrie sistemul de ecuații lineare corespunzător rețelei pasive liniare și curenților în noduri calculați.

4. Se rezolvă sistemul de ecuații lineare în raport cu necunoscutele (considerate tensiunile fiecărui nod față de un nod de referință) cu ajutorul cărora se recalculează noul regim al tensiunilor nodurilor față de neutru

$$(\dot{U}_1^{(1)} \neq \dot{U}_2^{(1)} \neq \cdots \neq \dot{U}_N^{(1)})$$

5. Se recalculează curenții în fiecare nod cu excepția nodului de „echilibrare" :

$$I_{ech} = -\sum_{i=1}^{N} I_i \quad (i = 1,2\ldots;\ i \neq 0)$$

Este indicat ca nodul de echilibrare (nodul 0) să corespundă barei unei centrale regulatoare de frecvență din sistem.

6. Procesul se repetă pînă ce condițiile la limită (invarianța puterii la bare, $S_i = \text{const.}$) sînt respectate cu eroarea admisă.

Formarea sistemului de ecuații lineare

Un număr suficient de ecuații pentru a obține rezolvarea rețelei pasive lineare este căpătat prin aplicarea legilor lui Kirchhoff.

Pentru formarea acestor ecuații ne putem folosi de metoda circuitelor independente sau de metoda perechilor de noduri.

Formarea sistemului de ecuații prin metoda perechilor de noduri este mai rapidă și comodă. Metoda perechilor de noduri permite a ține seama ușor de starea circuitelor (conectarea, deconectarea lor) iar în cazul circuitelor cu admitanțe față de pămînt (considerate sarcini) conduce la sistemul cu număr minim de ecuații independente [3,4].

Rezolvarea numerică a sistemului de ecuații lineare [5, 6]

Rezolvarea sistemului de ecuații lineare se poate face în mod :

— determinat (rezolvarea fiecărui sistem de ecuații în parte)

— nedeterminat (rezolvarea matricei inverse).

Deoarece multe din regimurile de funcționare ale sistemului sînt calculate în diverse ipoteze de încărcare, de repartiție între centrale etc., dar pentru aceeași schemă electrică de funcționare (schema normală) iar calcularea acestor regimuri corespunde rezolvării unor sisteme de ecuații care diferă între ele doar prin vectorul termenilor liberi, s-a ales modul nedeterminat de rezolvare, care cere numărul minim de operații (dacă avem de rezolvat cel puțin patru sisteme de ecuații cu aceeași matrice).

Rezolvarea nedeterminată a sistemului de ecuații corespunde inversiunii matricei coeficienților.

Într-adevăr sistemul de ecuații :

$$\begin{cases} \dot{Y}_{11}\dot{U}_1 + \dot{Y}_{12}\dot{U}_2 + \dot{Y}_{1n}\dot{U}_n = \dot{I}_1 \\ \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots \\ \dot{Y}_{n1}\dot{U}_1 + \dot{Y}_{n2}\dot{U}_2 + \dot{Y}_{nn}\dot{U}_n = \dot{I} \end{cases} \tag{1}$$

se poate scrie sub forma ecuației matriciale

$$[\dot{Y}] \cdot [\dot{U}] = [\dot{I}] \tag{2}$$

în care

$[\dot{Y}]$ — matricea coeficienților sistemului de ecuații lineare (matricea admitanță),

$[\dot{U}]$ — vectorul necunoscutelor (tensiunile nodurilor față de un nod de referință),

$[\dot{I}]$ — vectorul cunoscutelor sau al termenilor liberi (curenții în noduri),

și rezolvarea sistemului de ecuații lineare se obține după calcularea matricei inverse $[\dot{Y}]^{-1}$, prin preînmulțirea (înmulțirea prin stînga) ambilor membri ai ecuației matriciale, cu inversa matricei admitanță

$$[\dot{U}] = [\dot{Y}]^{-1}\,[\dot{I}] \qquad (3)$$

În literatură [7] în mod greșit se afirmă că scrierea sistemului de ecuații prin metoda bucle-

$[Y] =$

	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	0,0339 − j0,0648	−0,0182 + j0,0364	−0,0157 + j0,0284						
2	−0,0182 + j0,0364	0,0858 − j0,1503							
3	−0,0157 + j0,0284		0,1046 − j0,1693	−0,0889 + j0,1609					
4			0,0889 + j0,1609	0,1316 − j0,2541	−0,0167 + j0,0417				
5				−0,0167 + j0,0417	0,0403 − j0,1154	−0,0236 + j0,0737			
6					−0,0236 + j0,0737	0,0626 − j0,1920	−0,0316 + j0,0965		
7						−0,0316 + j0,0966	0,0852 − j0,1788	−0,0536 + j0,0802	
8							−0,0536 + j0,0802	0,082 − j0,1254	−0,0148 + j0,0236
9								−0,0148 + j0,0236	0,1609 − j0,2862

Fig. 3.

lor independente corespunde unei metode directe de rezolvare în timp ce metoda perechilor de noduri corespunde unei metode iterative.

În realitate însă, soluționarea numerică a sistemelor de ecuații lineare indiferent de metoda prin care au fost scrise și de modul (determinat sau nedeterminat) de rezolvare se poate face prin două metode:

A) metode iterative
B) „ directe.

A. *Metode iterative.* Soluția sistemului de ecuații lineare, prin metode iterative, se obține ca limita unui șir de aproximații succesive.

Avantajele metodelor iterative constau în posibilitatea unei programări simple în cazul folosirii mașinilor electronice cifrice de calcul și în caracterul lor autocorector (erorile nu se acumulează ci se elimină automat).

În cazul matricilor cu număr mare de elemente nule (cum este în cazul nostru în care aproximativ 2/3 din elemente sînt nule) metodele iterative asigură o micșorare proporțională a numărului de operații aritmetice necesare.

În literatură se folosește modul determinat de rezolvare a sistemului de ecuații lineare prin metoda iterativă Seidel-Gauss [7, 8, 9], deși nu sînt îndeplinite condițiile necesare aplicării ei cu suficientă eficacitate.

Metoda Seidel-Gauss converge către soluție indiferent de aproximația inițială dacă:

1) matricea coeficienților este simetrică

$$a_{kj} = a_{jk}$$

2) matricea coeficienților este pozitiv definită

$$(x,\ Ax) > 0 \quad x \neq 0.$$

O matrice pozitiv definită are minorii principali pozitivi.

$$a_{11} > 0, \quad \begin{vmatrix} a_{11} & a_{12} \\ a_{21} & a_{22} \end{vmatrix} > 0, \ldots\ldots\ldots |A| > 0.$$

Să analizăm matricea admitanță $[\dot{Y}]$ pentru a stabili dacă îndeplinește condițiile arătate mai sus (fig. 3).

Elementele sale fiind numere complexe, eliminăm inconvenientele operării cu numere complexe, înlocuind natricea complexă cu o matrice echivalentă ale cărei elemente sînt numere reale $[\times](A-II)$ (fig. 4).

Numărul de elemente ale matricei echivalente cu numere reale este de patru ori mai mare iar ordinul se dublează în raport cu matricea complexă.

Matricea reală se compune din patru submatrice, două cîte două egale între ele și egale cu partea reală și respectiv partea imaginară a matricei complexe.

Deși fiecare submatrice în parte este simetrică și pozitiv definită, după modul lor de grupare va rezulta o matrice reală (A—II):

a) nesimetrică cu minorii principali pozitivi
b) simetrică cu minorii principali negativi.

Se observă deci că matricea reală nu poate îndeplini simultan condițiile impuse de metoda Seidel-Gauss. Observațiile de mai sus sînt valabile și pentru matricea inversă (fig. 5).

Aceasta derivă din faptul că condiția de simetrie impusă matricilor de numere reale corespunde în planul numerelor complexe condiției ca matricea complexă să fie hermitiană:

$$\dot{a}_{kj} = \dot{a}^{*}_{jk}$$

condiție ce nu este îndeplinită în cazul nostru.

Faptul că totuși metoda Seidel-Gauss este aplicată și în cazul neîndeplinirii condițiilor, trebuie înțeles în sensul că în funcție de aproximația inițială a necunoscutelor ea poate conduce acum fie la convergența, fie la divergența soluției. (Într-adevăr pentru anumite cazuri ale aplicării metodei Seidel-Gauss cu accelerare se obține divergența soluției) [8].

Determinarea unei aproximații inițiale suficient de apropiată de valoarea reală a necunoscutelor este greu de realizat și în cazul unui sistem existent în care te poți baza pe experiența exploatării, dar cu atît mai dificil în cazul determinării unor scheme noi.

Presupunînd totuși că aproximația inițială a fost astfel aleasă încît soluția este convergentă, se observă că metoda cere un număr mare de

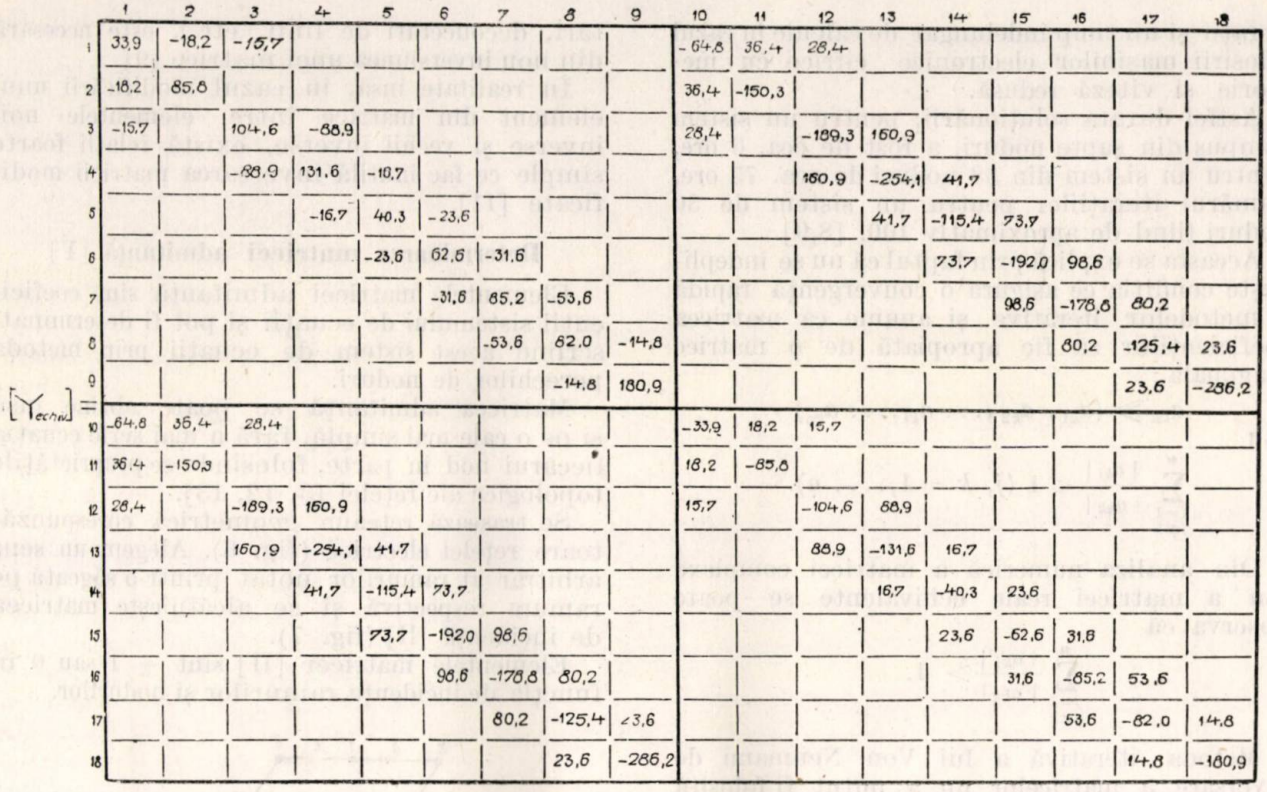


Fig. 4

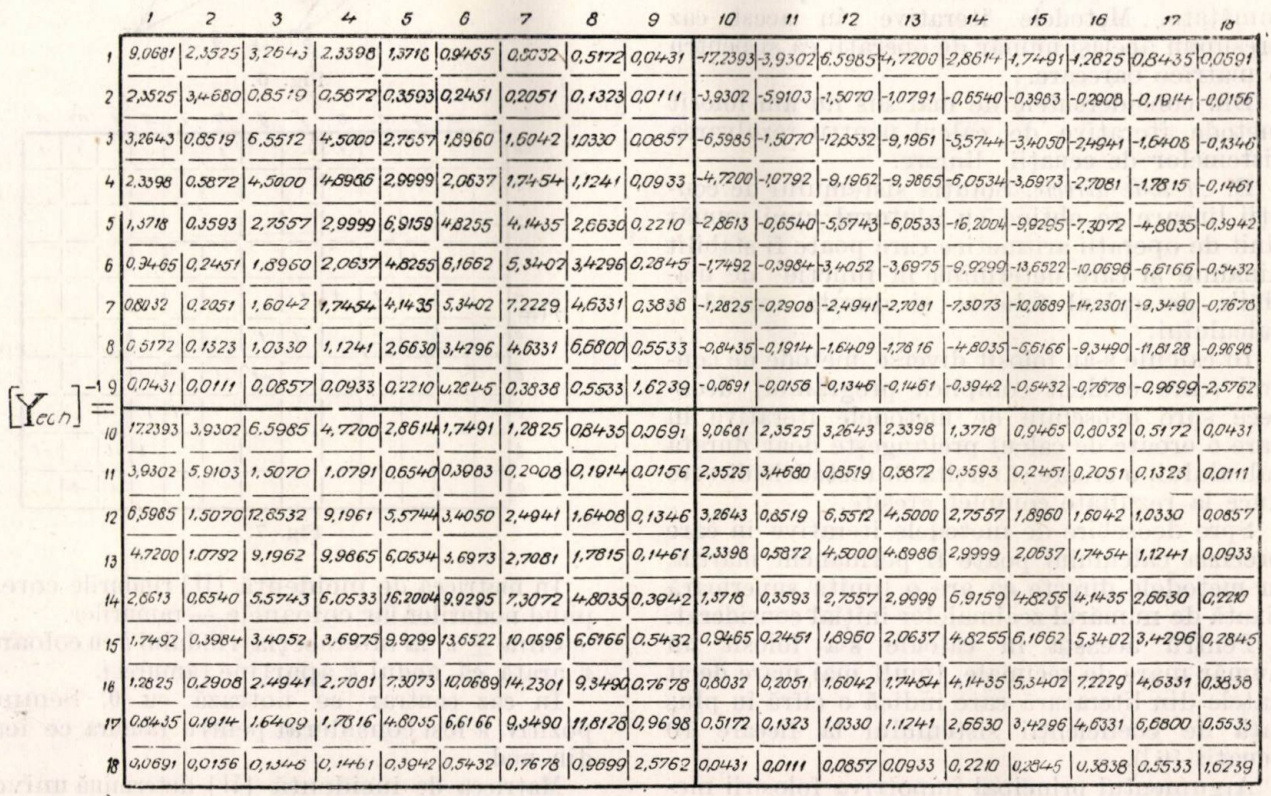


Fig. 5

iterații și un timp îndelungat de calcule în cazul folosirii mașinilor electronice cifrice cu memorie și viteză redusă.

Astfel durata soluționării, pentru un sistem compus din șapte noduri, a fost de cca. 6 ore, pentru un sistem din 38 noduri de cca. 75 ore, numărul iterațiilor pentru un sistem de 30 noduri fiind de aproximativ 100. [8,9].

Aceasta se explică prin faptul că nu se îndeplinește condiția ce asigură o convergență rapidă a metodelor iterative și anume ca matricea coeficienților să fie apropiată de o matrice diagonală :

$$a_{kk} \gg (a_{k1},\ a_{k2},\ \ldots\ a_{kj},\ \ldots\ a_{kn})$$

sau

$$\sum_{\substack{j=1 \\ j\neq k}}^{n} \frac{|\,a_{kj}\,|}{|\,a_{kk}\,|} < 1 \quad (j,\ k = 1,\ \ldots\ n).$$

Din analiza numerică a matricei complexe sau a matricei reale echivalente se poate observa că

$$\sum_{\substack{j=1 \\ j\neq k}}^{n} \frac{|\,a_{kj}\,|}{|\,a_{kk}\,|} > 1.$$

Metoda iterativă a lui Von Neumann de inversare a matricelor nu a putut fi folosită deoarece se impun aceleași condiții ca și la metoda Seidel-Gauss [10].

În cazul matricilor simetrice prin folosirea metodelor directe de calcul se obține reducerea numărul de operații aritmetice la aproximativ jumătate. Metodele iterative în acest caz presupun același număr de operații ca și pentru o matrice oarecare.

Din considerentele de mai sus nu am folosit metode iterative de calcul pentru rezolvarea sistemelor de ecuații liniare.

B. *Metode directe.* Soluția sistemului de ecuații lineare se obține cu ajutorul unui număr finit de operații aritmetice care poate fi stabilit dinainte și care determină în funcție de mașinile de calcul folosite și durata exactă a calculului.

În calcule s-au folosit diverse metode de control (care evident complică programul) deoarece spre deosebire de metodele iterative în care o eroare de calcul prelungește doar durata calculului, o eroare săvîrșită în metodele directe duce la rezultate complet greșite.

Spre deosebire de metodele iterative în care precizia calculului poate fi permanent mărită, în metodele directe ea are o limită superioară fixată de numărul zecimalelor inițial considerat.

Pentru aceasta în calcule s-a folosit un număr mare de zecimale, (mult mai mare decît datele din literatură care indică o cifră în plus față de coeficienții sistemului la fiecare 10 ecuații [6]).

Argumentul principal împotriva folosirii metodei matriciale în calculele de rețele este acela că la orice modificare în schema rețelei (conectări, deconectări de linii, etc.), este necesară din nou inversiunea unei matrice [9].

În realitate însă, în cazul modificării unui element din matrice între elementele noii inverse și vechii inverse, există relații foarte simple ce fac inutilă inversarea matricii modificate [11].

Determinarea matricei admitanță [$\dot{Y}$]

Elementele matricei admitanță sînt coeficienții sistemului de ecuații și pot fi determinați scriind acest sistem de ecuații prin metoda perechilor de noduri.

Matricea admitanță se poate obține însă și pe o cale mai simplă, fără a mai scrie ecuația fiecărui nod în parte, folosindu-se proprietățile topologice ale rețelei [3, 12, 13].

Se trasează rețeaua geometrică corespunzătoare rețelei electrice (fig. 6). Alegem un sens arbitrar al ramurilor notat printr-o săgeată pe ramura respectivă și se alcătuiește matricea de incidență [П] (fig. 7).

Elementele matricei [П] sînt $\pm$ 1 sau 0 în funcție de incidența ramurilor și nodurilor.

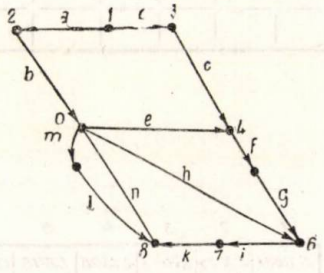


Fig. 6.

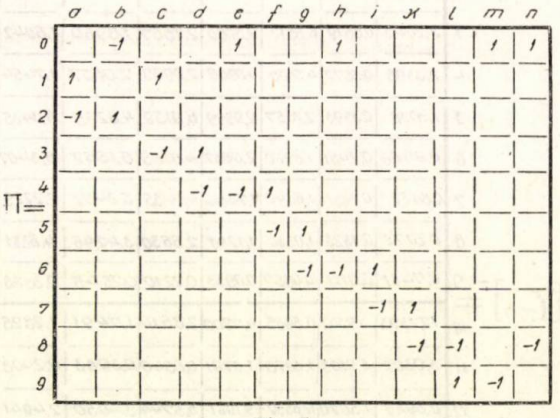


Fig. 7.

În matricea de incidență [П] rîndurile corespund nodurilor iar coloanele — ramurilor.

Cifra $\pm$ 1 la intersecția rîndului k cu coloana i arată că nodul k aparține ramurei i.

În caz contrar se notează cu 0. Semnul pozitiv a fost considerat pentru ramura ce iese din nod.

Matricea de incidență [П] determină univoc conexiunea schemei electrice și poate fi considerată ca reprezentarea ei algebrică.

Pe baza matricei de incidență $[\Pi]$ se determină matricea de conexiuni $[\Pi']_t$ astfel:

1. În matricea de incidență $[\Pi]$ se anulează rîndul corespunzător nodului de referință obținîndu-se matricea $[\Pi']$.

Pentru simplificarea expresiilor de calcul este indicat ca nod de referință să fie ales nodul cu numărul maxim de ramuri incidente.

Pentru ca repartiția sarcinilor pe centrale să fie păstrată este indicat ca nodul de referință să corespundă centralei regulatoare de frecvență.

2. Se transpune matricea $[\Pi']$, matricea $[\Pi']_t$ obținută constituind matricea de conexiuni.

Matricea admitanță $[\dot{Y}]$ se obține din relația

$$[\dot{Y}] = [\Pi'] [\dot{y}] [\Pi']_t .$$

Cîteva metode directe pentru calcularea matricei inverse

1. *Metoda clasică (cu ajutorul determinanților)* necesită calcularea unui determinant de gradul n și a n^2 determinați de gradul $(n-1)$*.

Numărul operațiilor de înmulțire (împărțire) este proporțional cu ordinul matricei la puterea patra $\left(M \cong \frac{n^4}{3}\right)$ în timp ce pentru alte metode directe, $M \cong n^3$.

După cum se arată în literatură, această metodă nu este indicată pentru matrice de grad superior lui patru, iar calcularea circulațiilor de putere prin această metodă nu a căpătat răspîndire chiar în cazul folosirii mașinilor mecanice de calcul [14].

2. *Metoda pivotului* [15] (A-III). În această metodă se premultiplică de n ori matricea de ordinul n a cărei inversă vrem să o determinăm prin matrice patratice speciale în așa fel încît după a n-a înmulțire se obține matricea unitate.

3. *Metoda bazată pe teorema Cayley-Hamilton și formulele de recurență Bocher [15] (A—IV).* Inversiunea unei matrice este redusă la operații simple de înmulțire și adunare de matrice, inversa matricei $[\dot{Y}]$ fiind un polinom de gradul $(n-1)$ în $[\dot{Y}]$. [16].

4. *Metoda submatricelor* constă în descompunerea matricei de ordin superior (a cărei inversă o căutăm) în submatrici de ordin inferior ale căror inverse se calculează mai ușor.

Pe baza unei ecuații matriciale se obțin submatricele matricei inverse [3,5] (A—V).

5. *Metoda Schur-Banachiewicz* constă în descompunerea matricei într-un produs de două matrici triunghiulare, descompunere ce se efectuează prin operații simple.

Matricea inversă se obține ca un produs al inverselor celor două matrici triunghiulare.

În cazul matricei simetrice se folosește *metoda rădăcinilor patrate* (Cholesky) în care descompunerea se face într-un produs de două matrici triunghiulare transpuse. Pentru aflarea matricei inverse este suficientă calcularea unei matrice triunghiulare și a inversei sale [5, 17,18].

Cu excepția metodei clasice, toate celelalte metode directe arătate mai sus sînt echivalente în ceea ce privește numărul de înmulțiri (proporțional cu cubul ordinului matricei) diferind între ele numai prin numărul de operații auxiliare. În cazul matricilor simetrice metoda rădăcinilor patrate (Cholesky) asigură numărul minim de operații auxiliare, schema cea mai compactă de calcul fiind astfel cea mai eficace.

Exemplu de calcul

S-a studiat un regim minim de sarcină pentru schema normală a rețelei buclate (fig. 1) din sistemul energetic interconectat.

Tabela 2

Nod	U kv	θ gr
0	107	0
1	107.475	1°48'
2	107.296	0°
3	105,353	-1°22'
4	105,014	-1°57'
5	104,643	-2°27'
6	104.806	-2°26'
7	104,950	-3°07'
8	104,096	-1°30'
9	108.744	0°

Tabela 3

Nod	$S' = P' + jQ'$
0	43,2 + j 0,7
1	32,8 - j 7,4
2	- 0,03 + j 4,9
3	0 + j 0
4	-42,4 + j 4,7
5	-4,0 - j 1,5
6	-18,0 - j 1,5
7	- 4,1 - j 1,2
8	- 4,0 + j 2,9
9	-1,5 - j 1,1

Tabela 4

Tronson	Sintrare MVA	Sesire MVA	ΔP MW	ΔQ MVAR
0	11,112 - j 4,516	10,976 - j 4,790	0,137	0,274
b	10,946 + j 0,116	10,905 + j 0,048	0,040	0,067
c	21,752 - j 2,915	21,131 - j 4,039	0,621	1,124
d	21,131 - j 4,039	21,022 - j 4,238	0,109	0,198
e	25,088 + j 0,770	24,605 - j 0,083	0,431	0,853
f	3,253 + j 0404	3,245 + j 0,375	0,008	0,030
g	-0,774 - j 1,130	-0,774 - j 1,132		0,001
h	11,072 + j 1.092	10,891 + j 0,610	0,181	0,482
i	-8,009 + j 0,868	-7,992 + j 0,922	0,017	0,054
x	-12,326 - j 0,287	-12,247 - j 0,169	0,078	0,117
l	8,151 - j 1,143	8,037 - j 1,324	0,113	0,181
m	9,017 + j 0,368	9,004 + j 0,349	0,012	0,019
n	8,221 - j 1,015	8,095 - j 1,214	0,125	0,199

Valorile admitanțelor fiecărui element de rețea sînt date în fig. 2.

Condițiile la barele rețelei, date sub forma sarcinilor constante atît pentru receptoare cît și pentru generatoare, sînt arătate în tabela 1.

Pe baza rețelei geometrice (fig. 6) corespunzătoare schemei normale studiate se stabilesc matricile de incidență (fig. 7) și conexiuni.

În fig. 3, 4 sînt date matricea admitanță în numere complexe și matricea echivalentă în numere reale. Matricea inversă calculată prin metoda Cholesky este dată în fig. 5.

* În cazul unei matrice simetrice e suficientă calcularea numai a $\frac{1}{2} n^2$ determinanți de gradul $(n-1)$.

S-a aproximat un regim inițial al tensiunilor în fiecare nod ($\dot{U}_0^{(0)} = \dot{U}_1^{(0)} = \ldots = \dot{U}_9^{(0)} = 107 \angle 0°$ kV) pe baza căruia conform condițiilor la barele rețelei s-au calculat curenții injectați în fiecare nod.

Acești curenți au constituit componentele primului vector al termenilor liberi $[\dot{I}]$, cu ajutorul căruia pe baza ecuației matriciale $[\dot{U}] = [\dot{Y}]^{-1}.[\dot{I}]$ s-a calculat regimul tensiunilor în fiecare nod după prima iterație (tab. 2).

S-au verificat condițiile la bare (tab. 3) și considerîndu-se suficient de apropiate de condițiile inițial considerate (tab. 1) s-au calculat în continuare circulațiile de putere și pierderile pe linii (tab. 4) determinîndu-se astfel complet regimul studiat.

Concluzii

Problema determinării regimului de funcționare într-o rețea buclată (aflarea regimului de tensiuni, circulațiilor și pierderilor) este problema rezolvării unui sistem de ecuații neliniare de gradul doi.

În locul acestuia se scrie și se rezolvă sistemul de ecuații lineare $[Y]\,[U] = [I]$ care exprimă condițiile de echilibru electric în rețeaua studiată.

În acest sistem vectorul termenilor liberi $[I]$ se calculează pe baza condițiilor date la bare (în cazul de față considerate de tipul $P_k + jQ_k = U_k I_k^* = \text{ct}$ $k = 1,2,\ldots n$), și a unui regim de tensiuni aproximat.

Rezolvîndu-se sistemul de ecuații lineare se obține un nou regim de tensiuni cu care se calculează apoi un nou vector al termenilor liberi. Procesul se continuă pînă ce diferența dintre condițiile la bare calculate și cele inițiale se încadrează în eroarea admisibilă.

În felul acesta *metoda de rezolvare a sistemului de ecuații neliniare este iterativă* și constă în rezolvarea succesivă a unor sisteme de ecuații lineare ce diferă între ele doar prin vectorul termenilor liberi corectat după fiecare iterație.

Rezultatele calculelor după prima aproximație (tab. 2,3) arată că metoda este puternic convergentă în practică fiind suficiente 2—3 iterații.

Sistemele de ecuații lineare au fost rezolvate în mod nederminat (calcularea matricei inverse) deoarece acest mod în cazul nostru asigură numărul minim de calcule.

Proprietățile matricei coeficienților (matricea admitanță) arată ca neindicată folosirea metodei iterative Seidel-Gauss din care cauză s-a folosit o *metodă directă de rezolvare a sistemelor de ecuații lineare.*

Dintre metodele directe analizate s-a utilizat metoda rădăcinilor patrate (Cholesky) care oferă cea mai compactă schemă de rezolvare a matricei inverse, în cazul matricelor simetrice.*

* Calculele efectuate cu ajutorul unei mașini electrice de birou au fost executate de tov. ing. D. Leonida cu care am colaborat și la clarificarea unor probleme legate de acest material.

Forma matricială de calcul prezintă avantajul de a se preta ușor la folosirea mașinilor electronice cifrice de calcul.

Posibilitățile inversiunii matricelor de ordin superior și nemijlocit a matricelor complexe cu ajutorul mașinilor electronice cifrice impune studierea eficacității folosirii metodelor directe nu numai pentru sisteme relativ mici [19] ci și în cazul sistemelor energetice cu număr mare de noduri.

Pentru o analiză completă a problemei e necesară de asemeni studierea posibilităților de folosire a mașinilor analogice de calcul pentru rezolvarea sistemelor de ecuații lineare [20, 21].

APENDICE

I. Metoda Newton Raphson de rezolvare a sistemelor de ecuații neliniare

Pentru o rețea oarecare compusă din N noduri se poate scrie următorul sistem de ecuații neliniare:

$$\text{I—1}\quad \begin{cases} P_1 + {}_jQ_1 = S_1 = \dot{U}_1 I_1^* = \dot{U}_1 \sum\limits_{i=1}^{N} Y_{1i}^* U_i^* \\ P_k + {}_jQ_k = S_k = \dot{U}_k I_k^* = \dot{U}_k \sum\limits_{i=1}^{N} Y_{ki}^* U_i^* \\ P_N + {}_jQ_N = S_N = \dot{U}_N I_N^* = \dot{U}_N \sum\limits_{1=i}^{N} Y_{Ni}^* U_i^* \end{cases} \star$$

în care:

P_i este puterea activă în nodul i
Q_i — puterea reactivă în nodul i
S_i — puterea aparentă în nodul i
U_i — valoarea complexă a tensiunii în nodul i
I_i — valoarea complexă a curentului în nodul i
Y_{ik} — valoarea complexă a admitanței mutuale
Y_{ii} — valoarea complexă a admitanței proprii
y_{ik} — valoarea complexă a admitanței între nodurile „i" și „k"

$Y_{ik} = Y_{ki} = -y_{ik}$

$Y_{ii} = \sum\limits_{k=0}^{n} y_{ik} \qquad (k \neq i)$

k^* conjugata numărului complex k.

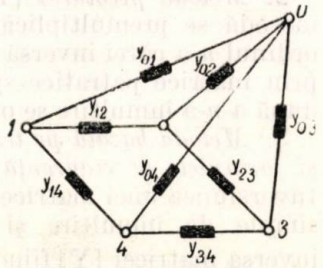


Fig. 8.

Exemplificarea metodei Newton Raphson o vom face pentru rețeaua din fig. 8 pentru care putem scrie sistemul de ecuații I—1 sub formă desfășurată:

$$\text{I—2}\quad \begin{cases} Y_{11}^* \dot{U}_1 U_1^* + Y_{12}^* \dot{U}_1 U_2^* + Y_{13}^* \dot{U}_1 U_3^* + Y_{14}^* \dot{U}_1 U_4^* - S_1 = 0 \\ Y_{21}^* \dot{U}_2 U_1^* + Y_{22}^* \dot{U}_2 U_2^* + Y_{23}^* \dot{U}_2 U_3^* + Y_{24}^* \dot{U}_2 U_4^* - S_2 = 0 \\ Y_{31}^* \dot{U}_3 U_1^* + Y_{32}^* \dot{U}_3 U_2^* + Y_{33}^* \dot{U}_3 U_3^* + Y_{34}^* \dot{U}_3 U_4^* - S_3 = 0 \\ Y_{41}^* \dot{U}_4 U_1^* + Y_{42}^* \dot{U}_4 U_2^* + Y_{43}^* \dot{U}_4 U_3^* + Y_{44}^* \dot{U}_4 U_4^* - S_4 = 0 \end{cases}$$

* Valoarea tensiunii $\dot{U}_i$ — din interiorul semnului de însumare diferă de aceea exterioară printr-o constantă (tensiunea nodului de referință față de neutru și care se presupune cunoscută). Pentru simplificarea expresiilor s-a folosit aceeași notație.

Efectuînd înmulţirea numerelor complexe, despărţind partea reală şi imaginară şi schimbînd notaţiile necunoscutelor obţinem în locul sistemului nelinear cu necunoscute complexe următorul sistem nelinear cu necunoscute reale

$$I-3 \quad \begin{cases} y_1(x_1, x_2 \dots x_8) = 0 \\ y_2(x_1, x_2 \dots x_8) = 0 \\ \dots\dots\dots\dots \\ y_8(x_1, x_2 \dots x_8) = 0. \end{cases}$$

Dacă în sistemul I—3 presupunem $x_1^{(0)}$, $x_2^{(0)} \dots x_8^{(0)}$ valorile primei aproximaţii ale necunoscutelor x_1, $x_2 \dots x_8$, iar $dx_1^{(1)}$, $dx_2^{(1)} \dots dx_8^{(1)}$ valorile corespunzătoare ale corecţiilor astfel încît :

$$I-4 \quad \begin{cases} x_1 = x_1^{(0)} + dx_1^{(1)} \\ x_2 = x_2^{(0)} + dx_2^{(1)} \\ \dots\dots\dots \\ x_8 = x_8^{(0)} + dx_8^{(1)} \end{cases}$$

Înlocuind I—4 în sistemul de ecuaţii I—3, dezvoltînd după şirul lui Taylor şi neglijînd termenii în care corecţiile apar la puteri, obţinem următorul sistem de ecuaţii lineare :

$$I-5 \quad \begin{cases} y_1(x_1^{(0)}, x_2^{(0)} \dots x_8^{(0)}) + \left(\frac{\partial y_1}{\partial x_1}_{(0)}\right) dx_1^{(1)} + \\ + \left(\frac{\partial y_1}{\partial x_2}_{(0)}\right) dx_2^{(1)} + \dots + \left(\frac{\partial y_1}{\partial x_8}_{(0)}\right) dx_8^{(1)} = 0 \\ y_2(x_1^{(0)}, x_2^{(0)} \dots x_8^{(0)}) + \left(\frac{\partial y_2}{\partial x_1}_{(0)}\right) dx_1^{(1)} + \\ + \left(\frac{\partial y_2}{\partial x_2}_{(0)}\right) dx_2^{(1)} + \dots + \left(\frac{\partial y_2}{\partial x_8}_{(0)}\right) dx_8^{(1)} = 0 \\ \dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots \\ y_8(x_1^{(0)}, x_2^{(0)} \dots x_8^{(0)}) + \left(\frac{\partial y_8}{\partial x_1}_{(0)}\right) dx_1^{(1)} + \\ + \left(\frac{\partial y_8}{\partial x_2}_{(0)}\right) dx_2^{(1)} + \dots + \left(\frac{\partial x_8}{\partial x_8}_{(0)}\right) dx_8^{(1)} = 0. \end{cases}$$

Scriem sistemul de ecuaţii liniare I—5 sub forma ecuaţie matriciale.

$$I-6 \quad [A_{i-1}]\,[dX_i] + [Y_{i-1}] = 0$$

în care : A_{i-1} — iacobianul sistemului de ecuaţii I—3 la $(i-1)$ aproximaţie

$$I-7 \quad [A_{i-1}] = \frac{D(y_1, y_2 \dots y_8)}{\left(D(x_1^{i-1}, x_2^{i-1} \dots x_8^{i-1}\right)} = \begin{bmatrix} \left(\frac{\partial y_1}{\partial x_1}\right)(i-1) & \dots & \left(\frac{\partial y_1}{\partial x_8}\right)(i-1) \\ \dots\dots\dots\dots & & \\ \left(\frac{\partial y_8}{\partial x_1}\right)(i-1) & \dots & \left(\frac{\partial y_8}{\partial x_8}\right)(i-1) \end{bmatrix}$$

$[dX_i]$ vectorul corecţiilor de componente

$$dx_1^{(i)} \dots dx_8^{(i)}$$

$[y_{i-1}]$ vectorul termenilor liberi de componente

$$y_1(x_1^{(i-1)} \dots x_8^{(i-1)}) \dots y_8(x_1^{(i-1)} \dots x_8^{(i-1)})$$

Rezolvînd ecuaţia matricială I—6 în raport cu vectorul corecţiilor — dX_i — vom afla vectorul necunoscutelor X_i după cea de a „i" iteraţie

$$I-8 \quad [X_i] = [X_{i-1}] + [dX_i].^*$$

Vom înlocui valorile vectorului X_i în I—5 şi procesul iterativ se continuă pînă la obţinerea unei valori a vectorului necunoscutelor, suficient de apropiată de valorile reale.

Criteriul de convergenţă este dat de relaţia

$$I-9 \quad [dX_{(m)}] \cong 0 \qquad (m = 1,2 \dots)$$

II. Înlocuirea matricei complexe printr-o matrice ale cărei elemente sînt numere reale

Avînd ecuaţia matricială complexă

$$[G - jB]\,[U_a + jU_r] = [I_a - jI_r]$$

şi despărţind partea reală de cea imaginară obţinem :

$$GU_a + BU_r = I_a$$
$$BU_a - GU_r = I_r$$

de unde rezultă că ecuaţia matricială complexă este echivalentă cu ecuaţia matricială cu numere reale.

$$\begin{bmatrix} G & B \\ B & -G \end{bmatrix} \begin{bmatrix} U_a \\ U_r \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} I_a \\ I_r \end{bmatrix}$$ Simetrică cu minorii principali negativi

Alte forme echivalente sînt :

$$\begin{bmatrix} B & -G \\ G & B \end{bmatrix} \begin{bmatrix} U_a \\ U_r \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} I_r \\ I_a \end{bmatrix}$$ Nesimetrică cu minorii principali pozitivi

$$\begin{bmatrix} B & G \\ -G & B \end{bmatrix} \begin{bmatrix} U_r \\ U_a \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} I_a \\ I_r \end{bmatrix}$$ „

$$\begin{bmatrix} -G & B \\ B & G \end{bmatrix} \begin{bmatrix} U_r \\ U_a \end{bmatrix} \quad \begin{bmatrix} I_r \\ I_a \end{bmatrix}$$ Simetrică cu minorii principali negativi

III. Inversiunea unei matrice prin metoda pivotului

Se va exemplifica metoda asupra unei matrice de ordinul 4. Fie $[a]$ matricea a cărei inversă vrem să o calculăm.

$$[a] = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & a_{13} & a_{14} \\ a_{21} & a_{22} & a_{23} & a_{24} \\ a_{31} & a_{32} & a_{33} & a_{34} \\ a_{41} & a_{42} & a_{43} & a_{44} \end{bmatrix}$$

Primul pivot (notat în relief) va fi elementul a_{11}.
Preînmulţim cu matricea ajutătoare $[\alpha_1]$.

$$[\alpha_1] = \frac{1}{a_{11}} \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ -a_{21} & a_{11} & 0 & 0 \\ -a_{31} & 0 & a_{11} & 0 \\ -a_{41} & 0 & 0 & a_{11} \end{bmatrix}$$

* Ecuaţia I—8 este scrierea matricială a sistemului de ecuaţii I—4.

$$[\alpha_1]\ [a] = \frac{1}{a_{11}} \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & a_{13} & a_{14} \\ 0 & (-a_{21}a_{12} + a_{22}a_{11}) & (-a_{21}a_{13} + a_{23}a_{11}) & (-a_{21}a_{14} + a_{24}a_{11}) \\ 0 & (-a_{31}a_{12} + a_{32}a_{11}) & (-a_{31}a_{13} + a_{33}a_{11}) & (-a_{31}a_{14} + a_{34}a_{11}) \\ 0 & (-a_{41}a_{12} + a_{42}a_{11}) & (-a_{41}a_{13} + a_{43}a_{11}) & (-a_{41}a_{14} + a_{44}a_{11})] \end{bmatrix} = \frac{1}{a_{11}} \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & a_{13} & a_{14} \\ 0 & b_{22} & b_{23} & b_{24} \\ 0 & b_{32} & b_{33} & b_{34} \\ 0 & b_{42} & b_{43} & b_{44} \end{bmatrix}$$

Preînmulţim a doua oară matricea

$$\begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & a_{13} & a_{14} \\ 0 & b_{22} & b_{23} & b_{24} \\ 0 & b_{32} & b_{33} & b_{34} \\ 0 & b_{42} & b_{43} & b_{44} \end{bmatrix}$$ cu

matricea $$[\alpha_2] = \frac{1}{b_{22}} \begin{bmatrix} b_{22} & -a_{12} & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & -b_{32} & b_{22} & 0 \\ 0 & -b_{42} & 0 & b_{22} \end{bmatrix}$$

etc.

Matricea inversă $[a]^{-1} = [\alpha_1]\,[\alpha_2]\,[\alpha_3]\,[\alpha_4] \dfrac{1}{a_{11}\, b_{22}\, c_{33}\, d_{44}}$

IV. Calculul matricei inverse cu ajutorul teoremei Cayley-Hamilton

Se demonstrează că inversa unei matrice $[a]$ de ordinul n se obţine după următoarea formulă:

$$[a]^{-1} = \frac{1}{\alpha_n}\left[[a]^{n-1} + \alpha_1 [a]^{n-2} + \dots \alpha_{n-1}[1]\right]$$

cei n coeficienţi α_j sunt obţinuţi cu ajutorul formulei de recurenţă Bocher.

$$\alpha_n = -\frac{1}{n}\left[\alpha_{n-1} \cdot S_1 + \alpha_{n-2} \cdot S_2 + \dots \alpha_1 S_{n-1} + S_n\right]$$

$S_n = \mathrm{tr}[a]^n$

tr = prescurtarea cuvîntului „trace" – urmă şi este egal cu suma termenilor situaţi pe diagonala principală a matricei.

$$\text{ex. tr.} \begin{bmatrix} 2 & 4 & 7 \\ 1 & 5 & 8 \\ 2 & 3 & -1 \end{bmatrix} = 6$$

V. Inversarea unei matrice prin metoda submatricelor

Fie $[S] = \left|\begin{array}{c|c} A & B \\ \hline C & D \end{array}\right|$

iar $[S]^{-1} = \left|\begin{array}{c|c} K & L \\ \hline M & N \end{array}\right|$

Din ecuaţia matricială

$$[S]\,[S]^{-1} = [1]$$

rezultă

$$AK + BM = [1]$$
$$AL + BN = [0]$$
$$CK + DM = [0]$$
$$CL + DN = [1]$$

De unde rezultă submatricele matricei inverse.

$$K = [A - BD^{-1}C]^{-1}$$
$$M = D^{-1}CK$$
$$N = [D - CA^{-1}B]^{-1}$$
$$L = -A^{-1}BN.$$

Bibliografie

[1] Melnicov N. A.: *Calculul regimurilor de funcţionare a reţelelor sistemelor electrice*, trad. L. rusă. Oficiul de presă, editură şi documentare M.E.E. 1951.

[2] Krumm L. A.: *Metodi reşenia obscih uravnenii stacionarnogo rejima electricescoi sistemî s uciotom staticeskih haracteristic nagruzoc i gheneratorov pri avtomaticescom regulirovanii ciastoti, napriajenia i moşnosti.* Trudî Talinscovo Politehnicescovo Instituta A nr. 123—126. 1957.

[3] Zeliah E. V.: *„Osnovî obscei teorii lineinîh electriceschih* shem". Ac. Nauc. SSSR — 1951.

[4] Bruc. I. S.: *O primenenii ţifrovih vicistiteinîh maşin dlia proectnîh rabot.* Izvestia Ac. Nauc. SSSR. O.T.N. Energetica — Avtomatica 1959 nr. 3.

[5] Faddeeva V. N. *Vîcislitelnîe metodî lineinoi alghebrî.* Gostehizdat. Moskva 1950.

[6] Fox L. Huskey H. D., Wilkinson J. H. *Notes on the solution of algebraic linear simultaneous equations.* The Quarterly Journal of Mechanics and applied Mathematic June 1948. Traducere în limba rusă — Uspehi Matematiceschih Nauc. (U.M.N.) 1950 t. V văp. 3 (37).

[7] Brown R. J., Tinney W. F.: *Digital Solutions for large Power Networks.* Pwr. Appar. Syst. June 1957 nr. 30.

[8] Gillis D. Mc.: *Nodal iterative solution of Power flow problem using* IBM — 604 *digital computer.* Pwr. Appar. Systems. Oct. 1957 nr. 32.

[9] Carteron M. J.: *Calcul aritmetique des reseaux mailles et de leurs pertes.* Bull. Soc.: Fr. Electr. 1956 7 t. VI nr. 67.

[10]. V. Bargmann Montgomery J. von Neumann: *Solution of linear system of high order.* N. J. Institute for Advanced Study Report, Bu. ord. Navy Dep. 1946.

[11] J. Sherman W. J. Morrison: *„Adjustment of an matrix corresponding to a change in one element of a given matrix.* Ann. Math. Stat vol. 21 nr. 1, 1950.

[12] Meerovici E. A.: *Gheometricescaia teoria electriceschih ţepei.* Electricestvo 1947 nr. 2.

[13] Manea F. *Despre utilizarea metodelor tensoriale şi matriciale la studiul reţelelor electrice.* Studii şi cercetări de energetică. Tomul VIII nr. 4, 1958.

[14] Jennnings Ph., Quinan G.: *The use of Business Machines in determining the Distribution of Load and reactive components in power lines networks.* Tr. AIEE 1946.

[15] Denis-Papin: Ing. Maurice, Cap. Ing. A. Kaufmann: *Cours de calcul matriciel appliqué.* Paris: Albin Michel, 1951.

[16] Antoniu I. S.: *Introducere în aplicarea calculului matricial la studiul circuitelor electrice* Ac. R.P.R. 1953.

[17] Zurmühl R: *Matrizen* Springer — Verlag Berlin, Göttingen, Heidelberg, 1950.

[18] Banachiewicz Th.: *Méthode de résolution numérique des équations linéaires, du calcul des determinants et des inverses, et de reduction des formes quadratiques.* Bull. Internat. Ac. Polonaise des Sciences A. Sc. Mathem. 1938.

[19] Brown R. J., Tinney W. F.: *Applications des calculateurs aritmétiques a l'étude des réseaux d'energie.* CIGRE 1958 rapport nr. 307.

[20] Gutenmaher L. I.: *Metod reşenia lineinîh alghebraiceschih uravnenii na electro-lampovom integratore.* Vîcislitelnaia matematica i vîcislitelnaia tehnica 1955 sb. 2.

[21] Gradstein I. S.: *Reşenie sistem lineinîh uravnenii na elecriceschih modeliah Gutenmahera.* Isvestia Ac. Nauc SSSR OTN. 1947, nr. 5.

Demineralizarea apei şi vaporizarea în trepte

Aspecte teoretice şi practice din domeniul presiunilor înalte

Ing. *L. STANISAVLIEVICI*

Demineralizarea apei cu mase ionice elimină practic total substanţele aflate în soluţie; precedată (dacă este cazul) de eliminarea impurităţilor organice şi coloidale şi urmată de degazarea termică şi chimică, această schemă de tratare corespunde tuturor condiţiilor cerute în termoenergetică şi energetica nucleară.

Prin aplicarea ei, problemele complexe legate de regimul chimic al apei pentru cazane se simplifică în mod considerabil şi pot fi stăpînite prin alegerea unui material corespunzător şi a unor soluţii constructive judicioase. De aici a apărut tendinţa de a unifica prescripţiile de calitatea apei, indiferent de presiunea cazanelor, valorile recomandate reprezentînd rezultatele care se pot obţine la demineralizarea apei cu mase de înaltă calitate sau valorile decelabile încă prin metodele de analiză care actualmente stau la dispoziţie. Intervenţiile corective asupra apei de alimentare sau a apei din tambur se reduc numai la adaosuri de hidrazină sau de amine volatile, pentru legarea oxigenului rezidual şi realizarea unui indice *p*H corespunzător; cazanele se exploatează fără purje continue.

Generalizarea unei astfel de scheme depinde, astăzi, doar de condiţii economice; pentru cazanele de presiune înaltă ea este tot mai răspîndită, evoluţia accentuîndu-se în acest sens [1]. Prin procedeul termic de demineralizare (cu vaporizare) nu se pot realiza asemenea condiţii de exploatare, deoarece distilatul este, din punct de vedere calitativ, inferior apei demineralizate.

Aspectul economic al demineralizării totale este însă influenţat hotărîtor de nivelul tehnic al exploatării cu privire la ansamblul ciclului apă-abur. Acesta este caracterizat prin: complexitatea echipamentului principal şi auxiliar al tratării apei, gradul de automatizare a exploatării şi a controlului chimic, reducerea la minim a pierderilor de apă, abur şi condensat, evitarea impurificării condensatului şi degazarea intensă a apei de alimentare. Fără o exploatare de înalt nivel tehnic, aplicarea demineralizării totale este neeconomică; recurgerea la alte soluţii, mai economice în cazul dat, nu poate asigura — în domeniul presiunilor înalte —, în mod sigur şi continuu, evitarea deficienţelor în ciclul apă-abur şi a avariilor la cazane şi turbine.

Demineralizarea totală a apei nu este încă aplicată în sectorul energetic, dar în termocentralele care vor apare în viitorul apropiat şi în amplificarea celor existente se va introduce acest procedeu, impus de folosirea parametrilor foarte ridicaţi la cazane şi turbine. În centralele electrice de termoficare, cu consumuri de apă de adaos de sute de t/h, nici nu se poate asigura un mers continuu economic şi fără avarii, fără demineralizarea totală a apei.

Trebuie observat că numai prin folosirea maselor ionice de calitate superioară şi a schemelor de demineralizare judicios concepute se poate asigura o demineralizare eficientă; în caz contrar, rezultatele obţinute sînt comparabile cu acelea ale vaporizatoarelor şi deci necorespunzătoare agregatelor cu parametri foarte înalţi. Faţă de performanţele care se pot atinge astăzi [1], realizarea unei scheme de demineralizare care produce o apă cu un conţinut în săruri caracterizat prin conductivitatea de 10 $\mu S\ cm^{-1}$ şi de silice de 1mg/l — astfel cum este pusă recent în discuţie — nu poate constitui o rezolvare satisfăcătoare a problemei.

O soluţie de exploatare a cazanelor cu parametri ridicaţi, fără o tratare prin demineralizarea totală a apei, a fost considerată vaporizarea în trepte. În sectorul nostru, cu o singură excepţie, ea a fost aplicată la cazane alimentate cu apă tratată prin scheme simple.

Care sînt realmente posibilităţile pe care le oferă acest procedeu în asigurarea unui mers fără avarii, şi economic, al cazanelor de presiune înaltă, a căror apă de adaos nu este demineralizată total?

Principiul procedeului este cunoscut; anumite aspecte teoretice şi practice au fost expuse aici [2,3]; ansamblul problemei a format obiectul altui studiu [4]. În cele ce urmează va fi vorba numai de vaporizarea în două trepte, ca fiind cea mai răspîndită şi singura cunoscută la noi.

Factorii de ordin constructiv şi de execuţie care au pondere mare asupra comportării în practică a procedeului sînt: mărimea producţiei de abur a treptei saline (însemnat cu n, în procente din producţia totală de abur a cazanului) şi revenirea apei din treapta salină în treapta curată, datorită antrenării, a spumegării sau a trecerii directe (însemnată cu r, în fracţiuni din n). Ambii factori au repercusiuni asupra valorii raportului de concentraţie a apei din treptele de vaporizare (însemnat cu R). Dacă p este valoarea purjei continue, în procente din producţia totală de abur a cazanului, şi neglijînd ceilalţi factori care pot interveni [4], atunci:

$$R = \frac{n+p}{p} = 1 + \frac{n}{p}, \qquad (1)$$

sau ținînd seama și de revenire:

$$R = 1 + \frac{n}{p + nr}. \qquad (2)$$

În ipoteza $r = 0$, relația (3) dă concentrația în substanțe dizolvate ale apei din treapta curată (s_1), în raport cu n, p și cu concentrația în substanțe dizolvate ale apei de alimentare (s):

$$s_1 = s \cdot \frac{100 + p}{n + p}. \qquad (3)$$

Dacă apa de alimentare nu a fost supusă la o tratare intensă, valoarea s va fi mare și pentru a menține cu purje mici în apa treptei curate o concentrație redusă în substanțe dizolvate este avantajos ca n să fie mare. În aceste condiții însă — p, mic și n, mare — rezultă din relația (1) și (2) că R va fi mare. În treapta salină vor apare concentrații mari de săruri; acest lucru nu este de dorit, mai ales în domeniul presiunilor înalte, el avînd repercusiuni nefavorabile atît asupra purității aburului cît și a exploatării sigure, pe partea de apă a cazanului, putînd provoca depuneri de tot felul și coroziuni. Cele două condiții sînt deci în contradicție.

Pentru evitarea neajunsurilor amintite, trebuie reduse la maxim din apa de alimentare o serie de substanțe dizolvate, cum sînt: bicarbonații, calciul, magneziul, fierul, cuprul și silicea, adică să se trateze intens apa, ceea ce ar fi în contradicție cu premisa acceptată.

O ameliorare — dar nu totală — pe partea de abur se realizează prin montarea unor dispozitive eficiente de spălare și separare; pe partea de apă, deficiențele vor persista.

Apare evident că valoarea optimă pentru n trebuie aleasă de la caz la caz, pe baza analizei prealabile a regimului chimic al apei. Dar chiar în acest caz, o modificare survenită în cursul timpului a caracteristicilor care au stat la baza analizei inițiale (calitatea apei brute, procentul apei de adaos, schimbări în procedeul de tratare a apei etc.) ar putea provoca alterări sensibile în funcționarea vaporizării în trepte.

*

Din relația (1) rezultă: $p = \frac{n}{R - 1}$.

Pentru ca valoarea purjelor să fie mică, se impune condiția ca $R \gg 2$. Totuși, în unele exploatări se găsesc valori ale lui R în jurul cifrei 2, fără ca purjele să atingă valoarea lui n (adică în cazurile date 17%—20%).

Acest lucru se explică prin existența unei reveniri importante a apei din treapta salină în treapta curată. De pildă, pentru $r = 0{,}4$ (o valoare mare, dar depășită deseori în practică), $n = 17\%$ și $p = 5\%$, valoarea R devenind, conform relației (2):

$$R = 1 + \frac{17}{5 + 17 \cdot 0{,}4} = 2{,}44.$$

La o revenire mai mare, valoarea R poate să scadă chiar sub 2. Asemenea deficiențe de execuție sînt greu remediabile în exploatare și ele reduc foarte mult eficiența procedeului vaporizării în trepte.

*

În schema de tratare a apei de adaos prin vaporizatoare, valoarea purjelor continue este mult mai mică decît în schemele de epurare chimică. În consecință, rapartul R are valori mari, din care cauză apar concentrații mari de fosfat. Acesta se adaugă pentru combaterea depunerilor tari, pentru alcalinizare și pentru reducerea trecerii silicei în abur. Concentrațiile mari pot provoca, în țevile fierbătoare ale treptei saline, depuneri, urmate de avarii, iar prin purje apar pierderi de chimicale, fapt verificat în exploatare.

De exemplu, menținînd în treapta curată rezerva prescrisă de fosfat de 10—15 mg PO_4^{-3}/l la o valoare medie a purjelor de 1% pot rezulta, pentru un cazan de 230 t/h, pierderi anuale de fosfat trisodic de 8,5 tone.

Un cazan fără vaporizare în trepte, exploatat în aceleași condiții ale regimului de apă, va avea purje continue de ordinul 2%; pierderile de fosfat vor însuma 1,1 t/an. Va fi însă nevoie de a asigura orar 2,3 t apă de adaos în plus.

Îmbunătățind condițiile de exploatare (distilat de calitate superioară, condensat pur, degazare intensă), aspectul economic se modifică și mai mult în avantajul cazanelor fără vaporizare în trepte.

*

Asigurarea purității aburului se realizează la cazanele cu vaporizare în trepte prin dispozitive de spălare și separare. Aceste dispozitive sînt eficiente pînă la un anumit domeniu de salinitate a apei din tambur; cu ajutorul lor se reduce și silicea antrenată de către aburul saturat, pînă la valori inofensive pentru exploatare.

Dacă însă concentrația silicei din apa tamburului este mare, se impune un regim de alcalinizare și fosfatare care mărește salinitatea și duce la neajunsurile cunoscute.

Acțiunea de montare a unor asemenea dispozitive de diferite tipuri de construcție a fost începută și va fi continuată pînă la echiparea tuturor cazanelor cu vaporizare în trepte din sectorul energetic.

Verificarea funcționării acestor dispozitive și într-o măsură oarecare și stabilirea regimului de apă a cazanului, s-a făcut prin încercări termochimice. Cu dispozitive de spălarea aburului prin barbotaj și separare mecanică se obține un abur care conține doar 10 μ g/l silice.

Totuși, în anumite condiții defavorabile de exploatare — salinitate mare a apei din tambur, nivel de apă prea ridicat, concomitent cu sarcină mare — conținutul în silice din abur poate ajunge pînă la 70 μ g/l, adică mult peste limitele admise.

Rezultă deci că numai un regim corespunzător al apei poate asigura în orice condiții o exploatare fără neajunsuri.

În anumite cazuri (valoarea n mare, separația între trepte bună, apa de alimentare compusă din condensat și distilat), se pune problema reducerii raportului R cînd acesta atinge valori mari (de ordinul 12—20); la una din termocentrale s-a introdus recircularea, prin exterior, a apei între cele două trepte de vaporizare. S-a legat printr-o conductă o țeavă coborîtoare a treptei saline cu o țeavă urcătoare din treapta curată. De la circa 16, valoarea R a fost redusă la 10; mărind secțiunea țevii de legătură, raportul poate fi redus și mai mult.

Măsura reprezintă o adaptare ulterioară, constructivă, a cazanelor cu vaporizare în trepte la condițiile de exploatare, la care ele nu erau adoptate, deoarece valoarea lui n era mare — 26%. Prin aceasta s-au redus pierderile de fosfat. Dezavantajul soluției este că salinitatea apei din treapta curată a crescut, nemaicorespunzînd prescripțiilor.

*

Din cele expuse rezultă că nu se pot fixa nici măcar orientativ norme general valabile pentru calitatea apei din treapta salină a cazanelor cu vaporizare în trepte. Asemenea valori, publicate în literatura de specialitate, diferă între ele [4], iar încercările termochimice duc la rezultate valabile numai pentru cazul în speță.

Normele în vigoare la noi fixează indici chimici numai pentru apa din treapta curată, aceștia fiind identici cu aceia pentru cazanele de tip normal; pentru treapta salină, indicii de calitate trebuie stabiliți de la caz la caz, astfel ca să asigure puritatea aburului și lipsa de depuneri și coroziuni în cazan. Acest punct de vedere a fost adoptat și în recomandările CAER. Stabilirea regimului chimic al apei necesită amenajarea prizelor pentru apă-abur, din ambele trepte de vaporizare, utilaj de control chimic de precizie, metode sensibile de analiză și personal calificat. Inițial, regimul chimic se stabilește pe baza datelor din proiect sau a recomandărilor din literatura de specialitate, sau a experienței; el se adaptează apoi condițiilor reale care apar în exploatare.

Încercările termochimice sistematice, cu întreaga centrală în funcțiune, necesită un volum mare de lucrări de control chimic și asigurarea posibilității de a reproduce diferitele condiții limită care pot apare în exploatare. Dacă durata încercărilor este scurtă, comprimarea într-un timp limitat a unei serii de încercări diferite poate altera rezultatele, ca urmare a fenomenelor de inerție care apar; prelungirea duratei încercărilor și înmulțirea numărului lor, mai ales a celor reproducînd condițiile limită, care sînt de altfel cele mai interesante, pot duce la murdărirea aburului, cu consecințele sale de depuneri și coroziuni în cazan.

*

În cazul folosirii demineralizării totale a apei de adaos, ce avantaje ar mai putea prezenta vaporizarea în trepte?

S-a propus acest procedeu pentru obținerea unui abur cu un conținut foarte redus în silice. În acest caz valoarea optimă pentru n este mică, purjele fiind însă foarte mici, raportul R are valori mari. Prin menținerea unei salinități pronunțate în treapta salină, se impun intervenții corective asupra apei din tambur, trebuind să se renunțe deci la un regim fără purje, cum ar fi permis aplicarea demineralizării totale.

De altfel, o reducere a conținutului de silice în abur se poate realiza mai simplu prin dispozitive de spălare și separare montate în tambur.

*

În încheiere, se poate menționa că în condiții de tratare a apei după scheme mai simple, cu procente mari de apă de adaos și cu alte deficiențe în ciclul apă-abur, cum ar fi impurificarea condensatului, degazare insuficientă etc., cazanele de presiune înaltă, fără vaporizare în trepte, nu ar putea funcționa de loc sau, în anumite cazuri, numai cu prețul unor purje continue și intermitente foarte mari.

În asemenea condiții, cazanele cu vaporizare în trepte prezintă avantajul că pot totuși funcționa (în mod sigur numai un timp oarecare, în perioada inițială, sau după curățirea chimică). Dacă funcționarea în condițiile defavorabile se prelungește, apar neajunsuri care nu pot fi evitate pînă la urmă nici cu purje masive. Asemenea neajunsuri, verificate în unele exploatări, sînt: coroziuni electrochimice, coroziuni alcaline, depuneri tari de produse ale coroziunilor aduse din afara cazanului, depuneri fero-fosfatice, abur impurificat, depuneri de silice pe paletele turbinelor.

Aplicînd demineralizarea totală a apei și evitînd impurificarea condensatului, realizînd totodată un regim chimic al apei de înalt nivel tehnic, se poate realiza exploatarea sigură a cazanelor pe partea de apă, fără intervenții corective în tambur și fără purje continue, avantaje care nu mai depind de existența vaporizării în trepte.

Bibliografie

[1] Stanisavlievici L: Tendințe actuale în tratarea apei pentru cazane de presiune foarte înaltă. Energetica VII (1959) nr. 9 (sept.)

[2] Sabău I.: Contribuții la determinarea rațională a domeniilor de funcționare corectă a vaporizării în trepte. Energetica VII (1959) nr. 3 (mart).

[3] Sabău I.: Experiența din exploatarea cazanelor cu vaporizare în trepte. Energetica VII (1959) nr. 7 (iul.)

[4] Stanisavlievici L.: Die zweistufige Verdampfung. Mitt V.G.B. 1959. H 58 (febr.).

Consfătuirea : „Unele aspecte ale folosirii lignitilor în scopuri energetice"

În zilele 16 și 17 mai a.c. s-au desfășurat în București lucrările consfăturirii : *„Unele aspecte ale folosirii lignitilor în scopuri energetice"*, organizată de Institutul de energetică al Academiei R.P.R. în colaborare cu Direcția Generală Minieră din cadrul Ministerului Industriei Grele. Lucrările consfătuirii au fost deschise de acad. prof. *I. S. Gheorghiu* — vicepreședinte al Academiei R.P.R. Din prezidiu au făcut parte : prof. dr. ing. *G. F. Knorre*, specialist în probleme de arderea combustibililor de la Institutul Baumann din Moscova, ing. *E. Malyas*, locțiitor al Ministrului Industriei Grele, prof. dr. ing. *Remus Răduleț*, membru corespondent al Academiei R.P.R., directorul Institutului de energetică, ing. *Bogdan*, director general al Direcției Miniere din Ministerul Industriei Grele.

În cuvîntul de deschidere, acad. *I. S. Gheorghiu* a arătat că una din cele mai însemnate probleme ale economiei energetice din țara noastră constă în valorificarea rațională a resurselor de energie primară. După ce a subliniat că lucrările consfătuirii se încadrează în politica energetică a țării, prin comunicările pe care le prezintă, acad. *I. S. Gheorghiu* a deschis lucrările consfătuirii.

Luînd cuvîntul tov. ing. *E. Malyas*, locțiitor al Ministrului Industriei Grele, a prezentat comunicarea : *„Dezvoltarea exploatării lignitilor și problemele de valorificare rațională ridicate de aceștia"*. Cu această ocazie, s-a subliniat faptul că deși în rezervele de combustibil clasici lignitii reprezintă circa 45%, în balanța de energie primară aceștia intervin doar cu o cotă de sub 10%. Introducerea lignitilor la o gamă largă de consumatori se lovește de o serie de dificultăți create de conținutul mare de cenușe de 45—60% (raportată la masa uscată), de conținutul relativ ridicat de umiditate de 25—40% și corespunzător de o putere calorifică scăzută de 1 600—2 600 kcal/kg care uneori poate scădea și pînă la 1 200 kcal/kg.

Paralel cu acestea, rezistența mare la măcinare, ca urmare a structurii xiloide și temperaturile foarte scăzute de înmuierea zgurii (900—1 050°C) ridică aspecte specifice de utilizare în scopuri energetice făcînd astfel necesară cercetarea complexă a acestor probleme.

Datorită acestei situații și faptului că în perspectivă producția de combustibil solid va trebui să crească sensibil, în cadrul Academiei R.P.R. și Ministerului Industriei Grele, au fost efectuate cercetări susținute în domeniul folosirii raționale a lignitilor*.)Lucrările Consfătuirii s-au axat pe următoarele direcții principale :

— reducerea conținutului de steril,

— înnobilarea lignitilor prin deshidratare, brichetare, gazificare.

— arderea lignitilor în stare brută.

În domeniul privind *reducerea conținutului de steril* au fost prezentate comunicările :

1. Aspecte științifice și tehnico-economice privind reducerea conținutului de steril din ligniți cu referire în special la metoda de spălare cu medii dense. — *I. Blum, Al. Bădărău, B. Bercovici.*

În lucrare se arată că 30% din producția de lignit este reprezentată de sortul granulometric 0—30 mm. Această fracție granulometrică, în continuă creștere ca pondere, prin introducerea exploatării mecanizate ridică cele mai dificile probleme consumatorilor întrucît are cele mai slabe caracteristici energetice (umiditate de 30—45% și cenușă de 30—50%). În vederea folosirii acestei fracții granulometrice în vederea brichetării, gazeificării sub presiune sau a obținerii de cocs-brichete oxidate care să permită transportul la distanțe mari, autorii propun reducerea conținutului de steril prin spălare cu lichide dense. În lucrare, autorii propun aplicarea metodei sortărilor pe fiecare densitate în parte și a metodei de îmbibare prealabilă cu apă. În încheiere, lucrarea prezintă rezultatele științifice obținute, la spălarea în medii dense de către Institutul de energetică între 1955 și 1960, perspectivele economice ale aplicării metodei de spălare precum și distanțele economice de transport ale lignitilor epurați.

2. Reducerea conținutului de steril la lignitii de Rovinari și posibilități de aplicare industrială a metodei — *D. Hrisanide, N. Herța, E. Olteanu, V. Voiculescu.*

Autorii arată că în vederea obținerii unui lignit brichetabil în vederea folosirii în scopuri de consum menajer s-a folosit următorul flux tehnologic cu rezultate bune :

a. Elutrierea în ciururi rotative, sub apă, la presiunea de 3 at a cărbunilor 0—80 mm, realizîndu-se astfel îndepărtarea argilei de pe granulele de cărbuni și mixte, dezasocierea granulelor de cărbuni și mixte de granule de steril și ciuruirea eficace la 10 mm.

b. Spălarea clasei 10—80 mm, în cuvă rotativă cu mediu dens de argilă și lichid, la densitatea 1,28 și spălarea clasei 3—10 mm în hidrocicloane cu apă, obținîndu-se ligniți spălați cu 20% cenușă.

Realizările finale au fost : din 100% ligniți 0—80 mm cu 52% cenușă și 42% umiditate s-a obținut 31,6% lignit spălat cu 20% cenușă și 68,4% deșeuri cu 66,8% cenușă, consumul de argilă și nisip fiind de 6,52 kg/t iar consumul de apă clară de 11 m³/t.

În domeniul privind *înnobilarea lignitilor* au fost prezentate comunicările :

1. Înnobilarea cărbunilor inferiori prin aglomerare — — *I. Blum, F. Bolchi.*

Lucrarea prezintă una dintre căile posibile de valorificare a cărbunilor bruni lemnoși, și anume brichetarea.

Se trec în revistă direcțiile de cercetare și rezultatele mai importante obținute în ultimii ani, atît pentru brichetarea directă cît și pentru brichetarea cu liant avînd drept material lignitii cruzi : spălați sau semicarbonizați.

În cazul brichetării cu liant rezultatele fiind concludente, obținîndu-se un combustibil satisfăcător, metoda ar putea asigura unele dintre cerințele energetice, pentru industrie și uz casnic, valorificînd un combustibil cu importante rezerve geologice.

2. Pregătirea lignitilor în vederea brichetării și brichetarea lignitilor de Căpeni, Rovinari și Sărmășag — *D. Ionescu, V. Anghel, E. Savu.*

Lucrarea prezintă atît pregătirea lignitilor în vederea brichetării lor, cît și diferitele procedee de brichetare cu lianți a lignitilor de Căpeni, Rovinari și Sărmășag.

Pregătirea lignitilor este studiată din punct de vedere al gradului de mărunțire și al procentului de umiditate.

Cercetările efectuate au arătat că lignitii romînești măcinați (<10 mm) și uscați în strat fluidizat, pot fi brichetați cu liant, obținîndu-se brichete corespunzătoare din punct de vedere al rezistenței mecanice cît și al rezistenței la apă, la un consum scăzut de liant (12—14%, în cazul procedeului cu liant topit și pulverizat, 9—11% în cazul procedeului cu liant emulsionat).

De asemenea, studiul mai prezintă un calcul tehnico-economic al fabricației de brichete de la Baraolt.

3. Deshidratarea lignitilor din bazinele Cîmpulung, Filipeștii de Pădure, Voevozi și Rovinari — *N. Hasnaș, D. Hrisanide, B. Racoviță.*

Se descrie procedeul de deshidratare cu abur sub presiune adoptat pentru deshidratarea lignitilor din R.P.R. ; se prezintă instalațiile de deshidratare de la Cîmpulung, Filipeștii de Pădure și Voevozi, arătîndu-se caracteristicile utilajelor, indicii tehnico-economici și caracteristicile lignitului brut și ameliorat.

Prin deshidratare cu abur sub presiune procentul de umiditate a lignitului se micșorează cu cca. 50%, iar puterea calo-

*) Pentru a avea o vedere de ansamblu a stadiului cercetărilor și pentru a se trasa direcțiile de cercetare, în perspectivă, s-a organizat această consfătuire.

rifică inferioară a lignitului deshidratat crește cu cca. 1 300—1 600 kcal/kg față de puterea calorifică a lignitului brut. Lignitul deshidratat se poate păstra fără pericol de exfoliere și constituie un bun combustibil casnic și industrial.

Experimentările făcute pentru deshidratarea lignitului de Rovinari au dovedit că acest lignit se pretează la deshidratarea cu abur sub presiune ; prin deshidratare umiditatea lignitului de Rovinari scade de la 40% la cca. 20%, iar puterea calorifică a acestuia crește de la 2 200 la cca. 3 400 kcal/kg.

4. Valorificarea ligniților în vederea obținerii unui gaz combustibil — *I. Blum, Fr. Bolchi, M. Mihail.*

Gazeificarea reprezintă una dintre posibilitățile de valorificare rațională a cărbunilor bruni.

Pe baza cercetărilor efectuate în acest domeniu de către Institutul de energetică al Academiei R.P.R. s-au putut realiza în țară primele generatoare de gaz mixt proiectate și construite de uzinele Mao-Tze-Dun cu folosirea gazului la ardere directă în focare ; agregatele funcționează în condiții cu totul satisfăcătoare, în mai multe instalații tehnologice și energetice din țară.

Lucrarea prezintă de asemenea unele dintre rezultatele cercetărilor pentru defenolarea apelor reziduale de la gazeificarea ligniților.

În continuare, se discută procedeele noi de gazeificare a cărbunilor și eventuala lor aplicabilitate la ligniți.

În domeniul *arderii ligniților în stare brută* s-au prezentat comunicările :

1. Perspectivele dezvoltării metodelor de intensificarea arderii combustibililor — *G. F. Knorre,* Institutul Baumann Moscova.

În lucrare, se arată că în energetica contemporană tendința de bază în domeniul dezvoltării agregatelor de cazane constă în mărirea considerabilă a capacității lor. Aceasta conduce la micșorarea substanțială a costului tonei de abur produs prin micșorarea pierderilor de căldură, simplificarea exploatării, reducerea personalului de deservire, utilizarea mecanizării și automatizării integrale a proceselor. Mărirea agregatelor se poate admite pînă la anumite limite, peste care cazanele devin adevărați giganți.

Crearea acestor agregate impune din aceste motive aplicarea intensificării proceselor de ardere și de schimb de căldură.

În aceste direcții, lucrarea arată perspectivele aplicării introducerii în tehnică a focarelor ciclon și cu evacuarea zgurii în stare lichidă.

Lucrarea prezintă comparativ rezultatele obținute în literatura de specialitate și în Institutele de cercetări din U.R.S.S. și perspectivele ce se deschid aplicării viitoare a intensificării proceselor de ardere, menționîndu-se totodată direcțiile de cercetare în domeniul schimbului de căldură prin radiație și convecție în cadrul acestor agregate.

2. Valorificarea ligniților prin ardere pe grătar în stare brută la cazane de debite mici și mijlocii. Analiza posibilităților de aplicare industrială a tipului de grătar adecvat — — *N. Pănoiu, C. Cazacu, G. Singer, I. Carabogdan.*

Analizîndu-se rezervele de combustibili clasici, dinamica producției și repartiției viitoare de combustibil, creșterea în perspectivă a consumului de energie primară urmează a fi preluată de cărbunii inferiori. Se trec în revistă pe scurt principale caracteristici ale ligniților din R.P.R., caracteristici ce-i deosebesc de combustibilii similari din țările vecine. Se face o clasificare a ligniților din punct de vedere termoenergetic pe baza unor criterii complexe. Pe baza cercetărilor complexe efectuate de către Institutul de energetică începînd din anul 1954 se prezintă comparativ o serie de date care caracterizează comportarea la arderea ligniților pe diverse grătare. Concluziile trase pe baza acestor cercetări de către Institutul de energetică au dus la proiectarea și construirea unei instalații de ardere în strat pentru lignitii din R.P.R.

Instalația proiectată și executată de către Uzinele Mao-Tze-Dun, sub îndrumarea Institutului de energetică, este în funcțiune la combinatul de prelucrarea lemnului din Gălățaș. Se expun caracteristicile funcționale și se prezintă primele rezultate obținute pe această instalație care este în curs de experimentare.

3. Valorificarea ligniților prin ardere în stare pulverizată la cazane cu debite mijlocii și mari. Analizarea posibilităților de aplicare industrială a morii-ventilator — *I. Carabogdan, N. Pănoiu, G. Singer, C. Cazacu.*

După ce se amintesc caracteristicile ligniților din R.P.R. din punct de vedere al măcinabilității se trec în revistă instalațiile de pregătirea prafului folosite în diferite țări, pentru cărbunii inferiori. Se prezintă comparativ funcționarea unei mori cu ciocane folosită în R.P.R. și a unei mori-ventilator propusă de Institutul de energetică, construită de către Uzinele Mao-Tze-Dun și pusă în funcțiune la C.T.E. Schitu Golești.

Pe baza primelor rezultate obținute la încercarea cazanului I.P.R.O.M. de 20t/h echipat cu mori-ventilator, se trag concluzii asupra eficienței tehnico-economice a introducerii agregatului în schemele de prepararea prafului de lignit.

Se prezintă în încheiere perspectivele aplicării morii-ventilator în tehnica preparării prafului la cazanele de debite mijlocii și mari.

4. Valorificarea mărunților de ligniți prin arderea în stare brută în strat fluidizat — *C. Cazacu, N. Pănoiu, F. Westfried.*

Se prezintă rezultatele obținute la valorificarea măruntului de lignit prin ardere în stare brută în strat fluidizat, pe instalația experimentală a Institutului de Energetică.

Analizînd diferite aspecte specifice de tehnica fluidizării și a modului lor de aplicare în cazul arderii mărunților de cărbune, se discută pe larg rezultatele experimentale privind influența granulației combustibilului și a nivelului de alimentare, repartiția temperaturilor în focar, analizele de gaze de ardere, randamentul focarului și încărcările termice obținute.

Se dau indicații în ceea ce privește profilarea focarului.

Lucrările privind cercetarea arderii combustibililor solizi în stare fluidizată se continuă în cadrul Institutului de Energetică.

În cuvîntul de închidere, acad. *I. S. Gheorghiu* — vicepreședinte al Academiei R.P.R. —, sintetizînd rezultatele cercetărilor a arătat că avînd în vedere importanța economică deosebită a acestei probleme pentru dezvoltarea în perspectivă, în fața cercetătorilor și specialiștilor din țara noastră stau două mari grupe de probleme :

— reducerea substanțială a prețului de cost al producției ligniților, astfel ca să se asigure ritmul necesar de scădere al costului unitar al energiei primare pe întreaga economie națională ;

— stabilirea căilor de valorificare rațională a ligniților.

Consfătuirea a dezbătut numai aspecte ale valorificării raționale a ligniților.

După ce a trecut în revistă succesele obținute în această direcție, în concluzie s-a subliniat necesitatea fixării celor mai raționale scheme de folosire complexă a ligniților pe baza unor studii tehnico-economice și a rezultatelor obținute pînă în prezent.

De asemenea Consfătuirea a recomandat ca aceste studii să se axeze pe condițiile specifice ale fiecărui bazin carbonifer în parte, luîndu-se în considerare necesitatea valorificării complexe a resurselor energetice din diversele regiuni ale țării.

În vederea continuei dezvoltări a economiei naționale, folosirea rațională a ligniților în scopuri energetice capătă o tot mai mare importanță. Documentele Congresului al III-lea al P.M.R., referitoare la dezvoltarea economiei naționale pe anii 1960—1965, subliniază necesitatea cercetării complexe a folosirii raționale a ligniților din R.P.R. pentru a se asigura și depăși ritmul de creștere de 1,4—1,6 ori în domeniul industriei carbonifere și pentru a se lărgi astfel resursele de combustibil ale energeticii naționale.

N. Pănoiu

DIMO P., ARIE E., MANEA F., IONESCU S. și NICOLAU P.

Tratarea neutrului rețelelor electrice de înaltă tensiune pentru evitarea supratensiunilor prelungite

Editura Academiei Republicii Populare Romîne 1960, 217 pag.

Lucrarea prezintă o originală fundamentare teoretică susținută pe încercări experimentale și calcule concrete de rețea, a fenomenului de supratensiune internă în rețelele electrice cu neutrul izolat la o punere la pămînt a unei faze sănătoase.

Mult timp acest fenomen nu a avut o explicație clară și a preocupat timp îndelungat cercetătorii de seamă din lumea întreagă pentru elucidarea fenomenului, întrucît aceste supratensiuni ajungeau de multe ori să fie extrem de periculoase și provocau numeroase străpungeri de izolație cu scoaterea din funcțiune de porțiuni însemnate de rețea. Explicația acestor supratensiuni a fost pusă pe seama arcului intermitent la o punere la pămînt a unei faze într-o rețea cu neutrul izolat.

Autorii în cadrul lucrării au arătat că teoria arcului intermitent nu a putut să dea răspuns la o serie de cazuri întîlnite în exploatarea rețelelor. Așa de exemplu nu s-a putut explica de ce într-o aceeași rețea, fenomenul de supratensiune avea loc iar alteori nu, sau în anumite rețele deși mărimea capacității era mică, supratensiunile erau periculoase iar în rețelele cu capacități mari supratensiunea periculoasă nu apărea întotdeauna.

Cercetările teoretice îndelungate și verificările experimentale efectuate au condus pe autori la o serie de concluzii extrem de interesante asupra factorilor care contribuie la apariția supratensiunilor prelungite, aprecierea ordinului de mărime a acestor supratensiuni și măsurile practice ce pot fi luate pentru evitarea acestor supratensiuni.

La examinarea fenomenului de supratensiune s-a plecat de la cercetarea condițiilor de rezonanță într-o rețea cu neutrul izolat și cu defect de punere la pămînt. Se arată că apropieri de condiția de rezonanță sînt posibile pe reactanțele de regim permanent ale generatoarelor și că mărimea acestor supratensiuni este condiționată de puterile de scurtcircuit permanent, capacitatea homopolară a rețelei, condițiile generale de funcționare ale rețelei, caracteristicile sarcinei etc.

Lucrarea prezintă numeroase exemple de calcul și verificări experimentale în diverse situații caracteristice de funcționare ale unei rețele cu neutrul izolat precum și un bogat material grafic foarte sugestiv.

Importanța deosebită a acestei lucruri constă în aceea că explică cu multă claritate un fenomen care în general în literatură nu era elucidat și că pune la dispoziția energeticienilor mijloacele de calcul necesare examinării unei probleme încă de actualitate într-o serie de categorii de rețele cu neutrul izolat.

Ing. **A. Sevastru**

A APĂRUT VOLUMUL VI

din

LEXICONUL TEHNIC ROMÎN

— elaborare nouă —

Volumul conține termenii directori care încep cu litera D.

Costul unui volum 100 lei

Vă puteți procura acest volum, ca și cele anterioare, la librării, difuzorii de cărți din întreprinderi și prin „Publicațiile Tehnice ASIT". București, str. Ion Ghica nr. 3, raionul Tudor Vladimirescu, cont 070 124 B.R.P.R. — filiala I. V. Stalin.

I. P. 2, c. 2791

СОДЕРЖАНИЕ

За дальнейший подъем технического уровня производства
Energetica *8* (1960) nr. 8, стр. 337—339

ДК 621.311.1(498)
A. Schwefelberg : **Развитие электрификации в Румынской Народной Республике**
Energetica, *8* (1960) nr. 7, стр. 240—341

ДК 620.9
I. I. Saphier. : **К вопросу методологии разработки общего энергетического баланса**

Обсуждается вопрос энергетической политики, а именно разработка общего энергетического баланса. При рассмотрении схемы общего энергетического хозяйства можно отличить три раздела, которым соответствуют три баланса: первичный, промежуточный и окончательный энергетический баланс.

Автор предлагает применение методов финансовой бухгалтерии, рекомендуя систему промышленной нормированной бухгалтерии с соответствующей терминологией. Приводится пример применения предлагаемого метода.
Energetica *8* (1960) nr. 8, стр. 342—348

ДК 621.316.1.052.4 :621.3.016.35
P. Dimo : **Поузловой анализ с применением токов короткого замыкания в случае комплексных сетей**

В статье указаны пути комбинирования применяемого в стране графического анализа в случае комплексных сетей по вопросам регулирования и стабильности.

В качестве примера приводится случай расчета динамической стабильности (Л. А. Жуков) в книге „стабильность электроэнергетических систем" П. И. Жданова, Москва, переделанный по собственному методу. Обсуждается возможность комбинированного применения метода с численным вычислителем испытываемом в РНР.
Energetica, *8* (1960) nr. 8 стр. 349—359

ДК 621.311.22.001.1
V. I. Nitu и N. Vasilescu : **Тенденции в проектировании румынских ТЭЦ**

Приводится перечень основных закономерностей, отражение которых является необходимым в проектировании будущих румынских ТЭЦ, на основе опыта и тенденций, проявляемых в странах с высоко развитой промышленностью.
Energetica, *8* (1960) r. 8 стр. 359—365

ДК 621.316.1.052.4 :621.3.016.31
A. Petroianu : **Определение передачи мощности для закольцованной сети при помощи матричного расчета**

Рассматриваются теоретические вопросы, возникающие при определении режима напряжений, передачи активной и реактивной мощности и потерь в закольцованной сети, каковой является сеть высокого напряжения энергетической системы Румынии.

Вместо итерационного метода Гаусса-Зейделя применен метод непосредственного решения с помощью линейных уравнений (метод квадратных корней Холеского), представляющий преимущество при разрешении обратной матрицы.
Energetica, *8*(1950) nr. 8 стр. 366—374

ДК 621.187.12
L. Stanisavlievici : **Деминерализация воды и ступенчатое испарение. Теоретические и практические вопросы высокого давления**

Автор приводит ряд теоретических и практических соображений, основанных на опыте в области обработки добавочной воды на ТЭЦ. Проводится сопоставление между ступенчатым испарением и полной деминерализацией воды.
Energetica, *8* (1960), nr. 8, стр. 375—377

ХРОНИКА — РЕЦЕНЗИИ

INHALTSVERZEICHNIS

Ständige Förderung des technischen Fortschritts in den Betrieben
Energetica 8 (1960) H. S. 8. 337—339

DK 621.311.1(498)
A. Schwefelberg : **Entwicklung der Elektrizitätsversorgung in der R.V.R.**
Energetica, 8 (1960) H. 8, S. 340 341.

DK 620.9
I. I. Saphier : **Beiträge zur Methodologie der Aufstellung einer allgemeinen Energiebilanz**

Es wird eine Frage der Energiepolitik, und zwar die der Aufstellung von allgemeinen Energiebilanzen erörtert. Bei der Untersuchung des allgemeinen Energiewirtschaftsschemas ergeben sich drei Abschnitte, denen drei Bilanzen entsprechen : eine primäre Energiebilanz, eine Zwischen-und eine endgültige Energiebilanz. Der Verfasser schlägt die Anwendung von Verfahren der Finanzbuchhaltung vor und empfiehlt dafür den Industriekontenplan mit dessen entsprechenden Begriffen. Der Aufsatz enthält auch eine beispielsweise Anwendung des Verfahrens.
Energetica, 8 (1960) H. 8, S. 342—348

DK 621.316.1.052.4 :621.3.016.35
P. Dimo : **Knotenpunktanalyse vermaschter Netze mit Hilfe der Kurzschlussströme**

Der Verfasser untersucht die Möglichkeit, die Knotenpunktanalyse für Regelung und Stabilität vermaschter Netze mit Hilfe der Kurzschlussströme, nach dem zur Zeit in unserem Land angewendeten graphischen Verfahren auszuführen. Als Beispiel wird der bekannte Fall dynamischer Stabilität (L.A. Jukow) aus P. S. Schdganows Werk „Stabilität elektrischer Netze" nach dem neuen Verfahren umgerechnet, wobei die bildliche Darstellung der in den Knotenpunkten stattfindenden Vorgänge beibehalten wird. Es besteht die Möglichkeit, das Verfahren mit dem im Versuchsstadium befindlichen elektronischen Rechner zu koppeln.
Energetica, 8 (1960) H. 8, S. 349—359

DK 621.311.22.001.1
V. Nitu und *N. Vasilescu* : **Gegenwärtige Entwicklungstendenzen in der Planung von Wärmekraftwerken in der R.V.R.**

Auf Grund der Erfahrungen und der Entwicklungstendenzen in anderen industriell entwickelten Ländern werden die bei der Planung künftiger Wärmekraftwerke in unserem Land zu befolgenden Grundsätze erörtert.
Energetica, 8 (1960) H. 8, S. 359—365

DK 621 316.1.052.4 :621.3.016.31
A. Petroianu : **Bestimmung des Leistungsumlaufs in vermaschten Netzen, anhand der Matrizialrechnung**

Die in einem vermaschten Netz, wie es das Hochspannungsverbundnetz der R.V.R. darstellt, stattfindenden Vorgänge werden untersucht und zwar die Berechnung der Spannung in Knotenpunkten, des Wirk- und Blindleistungsumlauf und der Verlusten. Es wird an Stelle des Gauss-Seidel-schen Iterationsverfahrens die direkte Lösung der linearen Gleichungssysteme nach dem Cholesky-Verfahren der quadratischen Wurzeln angewendet, welches für die Lösung inverser Matrizen Vorteile bietet.
Energetica, 8 (1960) H. 8, S. 366—374

DK 621.187.12
L. Stanisavlievici : **Wasseraufbereitung und stufenweise Verdampfung. Theoretische und praktische Fragen im Bereich hoher Drücke.**

Der Verfasser befasst sich mit theoretischen und praktischen Fragen im Zusammenhang mit der Speisewasseraufbereitung in Wärmekraftwerken. Es wird ein Vergleich zwischen den Ergebnissen stufenweiser Verdampfung und totaler Entmineralisierung angestellt.
Energetica, 8 (1960) H. 8, S. 375—377.

CHRONIK — REZENSIONEN

SOMMAIRE

Pour le continuel relèvement du niveau technique de la production
Energetica 8 (1960) nr. 8, p. 337—339

CD 621.311.1(498)
A. Schwefelberg : **Le développement de l'électrification dans la République Populaire Roumaine**
Energetica 8 (1960) nr. 8, p. 340—341

CD 620.9
I. I. Saphier : **Contributions à la composition d'une méthodologie pour l'élaboration de la balance énergétique générale**

L'article traite d'un problème de politique énergétique à savoir de l'élaboration de la balance énergétique générale. A l'examen du schéma de l'économie énergétique générale, on peut distinguer trois sections qui correspondent à 3 balances : la balance énergétique primaire, la balance énergétique intermédiaire et la balance énergétique finale.

L'auteur propose d'utiliser les méthodes de la comptabilité financière et recommande le système de la comptabilité normalisée industrielle avec la terminologie respective. L'article donne à titre d'exemple, un modèle d'application de la méthode proposée.
Energetica 8 (1960) no. 8, p. 342—348

CD 621.316.1.052.4 :621.3.016.35
P. Dimo : **L'analyse nodale utilisant les courants de court-circuits dans le cas des réseaux complexes**

L'auteur montre les voies et moyens de combiner la méthode de l'analyse graphique, proposée antérieurement par l'auteur et employée actuellement dans notre pays, avec la machine à calculer électronique, dans certaines situations particulières.

Après un renvoi aux éléments fondamentaux de la méthode de l'analyse nodale, l'auteur indique de quelle manière elle peut être adoptée dans le cas des réseaux complexes (bouclés). A titre d'exemple il reprend le calcul effectué par L. A. Jucov cité dans le livre „Sur la stabilité des réseaux électriques" par P. S. Jdanov et refait ce calcul selon sa propre méthode. En continuant, il expose les caractéristiques de la méthode, dans le cas des réseaux complexes à boucles et ayant des connexions multiples entre les noeuds et signale la possibilité de combiner cette méthode avec le calculateur numéral.
Energetica 8 (1960) no. 8, p. 349—359

CD 621.311.22.001.1
V. I. Nitu et *N. Vasilescu* : **Les tendances actuelles en matière d'élaborer des projets des Centrales thermoélectriques dans la République Populaire Roumaine**

L'article donne une énumération des principes directeurs que l'on doit empreindre dans l'établissement des projets des futures centrales thermo-électriques de notre pays, principes basés sur l'expérience et les tendances existantes dans d'autres pays développés du point de vue industriel.
Energetica 8 (1960) no. 8, p. 359—365

CD 621.316.1.052.4 :621.3.016.31
A. Petroianu : **La détermination des circulations de puissance dans un réseau bouclé, à l'aide du calcul matriciel**

L'auteur étudie les aspects théoriques : des problèmes posés par l'établissement du régime des tensions, de la circulations des puissances actives et réactives et des pertes dans un réseau bouclé tel que le réseau de haute tension du système énergétique de la République Populaire Roumaine.

A la place de la méthode itérative Gauss-Seidel, on emploie une méthode de résolution directe des systèmes d'équations linéaires (la méthode Cholesky des racines carrées) qui offre des avantages pour la résolution de la matrice inverse.
Energetica 8 (1960) no. 8, p. 366—374

CD 621.187.12
L. Stanisavlievici : **La déminéralisation de l'eau et la vaporisation par dégrés. Aspects théoriques du domaine des hautes pressions**

L'auteur publie des considérations théoriques et pratiques, basées sur l'expérience dans le traitement de l'eau d'addition dans les centrales thermoélectriques. Il fait une comparaison entre la vaporisation par degrés et la diminéralisation totale de l'eau.
Energetica 8 (1960) no. 8, p. 375—377

CHRONIQUE — COMPTES-RENDUS

CONTENTS

For the continuous raise of the technical standard of production
Energetica, 8 (1960), no. 8, p. 337—339

DC 621.311.1(498)
A. Schwefelberg : **Development of electrification in the Rumanian People's Republic**
Energetica, 8 (1960), no. 8, p. 340—341.

DC 620.9
I. I. Saphier : **Contributions to the composition of a methodology for the elaboration of the general balance of the energy economy**

The paper deals with a problem of energy economy policy, i. e the elaboration of the general energy economy balance. From the examination of the general energy economy three sections can be distinguished, to which three balances are corresponding : the primary balance of energy economy, the intermediate balance of energy economy and the final balance of energy economy.

The author proposes the use of the methods of the financial accountancy and recommends the industrial standardized accountancy system together with the terminology relating thereto. An examplification of the application of the method proposed — is given as well.
Energetica, 8 (1960), no. 8, p. 342—348

DC 621.316.1.052.4 :621.3.016.35
P. Dimo : **The modal analysis using short-circuit currents in the case of complex networks**

In this paper, the author shows the ways of combining the method of the graphical analysis, proposed previously by the author and presently in use in our country, with the electronic computer in certain particular situations.

After recalling the basic elements of the nodal analysis method, the author shows how it can be adopted in the case of complex (looped) networks. As an example he retakes the calculus, carried out by L. A. Jukov and inserted in P. S. Jdanov's book „On electrical networks stability" and works it again according to his own method. In continuation, he indicates the characteristic features of this method in the case of complex networks with loops and manifold connections between the knots, and outlines the possibility of combining this method with the digital computer.
Energetica, 8 (1960), no. 8, p. 349—359

DC 621.311.22.001.1.
V. I. Nitu and *N. Vasilescu* : **The present trends in designing thermo-electrical power stations in the Rumanian People's Republic**

The author gives an enumeration of the guiding principles, which have to be impressed in projecting the future thermo-electrical power stations in our country, starting from the experience and trends existing in other countries developed from the industrial view point.
Energetica, 8 (1960), no. 8, p. 359—365

DC 621.316.1.052.4 :621.3.016.31
A. Petroianu : **Determining the power circulations in a looped network with the aid of the matrix calculus**

The author studies the theoretical aspects : of the problems posed by the establishment of the voltages regimen, of the circulation of active and reactive powers and of the losses in a looped network, so as it is the high voltage network of the energy economy system in the Rumanian People's Republic.

In stead of the iterative Gauss-Seidel method, a direct solving method of the linear equations systems (the Cholesky method of square roots) is used, which offers advantages when solving the inverse matrix.
Energetica, 8 (1960), no. 8, p. 366—374

DC 621.187.12
V. Stanisavlievici : **The water demineralization and the vaporization by steps. Theoretical and practical aspects in the high pressures range**

The author publishes theoretical and practical considerations, based on the experience won in the field of the treatment of additional water in the thermo-electrical power stations. A comparison is made between the vaporization by steps and the total demineralisation of water.
Energetica, 8 (1960), no. 8, p. 375—377

CHRONICLE — BOOK REVIEWS

MŰSZAKI KÖNYV 1803

(Continuare de pe coperta II)

2.2.3. *Dezvoltările matematice* vor fi limitate la cele absolut necesare înțelegerii raționamentului matematic. Este suficient, în general, punerea în ecuație și indicarea rezultatelor. Pentru demonstrații se vor alcătui anexe (v. pct. 2.1.7).

2.2.4. *Tabelele* se vor folosi în cazul cînd date numerice importante nu pot fi reprezentate grafic satisfăcător. Nu se admite folosirea concomitent a datelor numerice sub formă de tabelă și diagramă. Tabelele vor fi referite în text și se va indica sursa lor.

2.2.5. *Materialul grafic ilustrativ* (figuri, fotografii) va permite reprezentarea clară și intuitivă a unor idei, puncte de vedere. Ele trebuie să completeze expunerea din text și vor fi referite cu grijă în text, indicîndu-se sursa lor.

2.2.6. *Sistematizarea și numerotarea* capitolelor se va face cu grijă, evitîndu-se excese. Se recomandă utilizarea sistemului zecimal.

2.3. Forma exterioară a lucrării

2.3.1. *Terminologie, mărimi și unități.* Se recomandă a fi conforme cu normele internaționale și STAS-urile în vigoare.

2.3.2. *Scrierea formulelor.* Se recomandă o atenție deosebită scrierii formulelor conform STAS. Indicii și exponenții se vor scrie mai mici decît baza și așezați mai jos sau mai sus decît baza. Se vor scrie, de asemenea, cu grijă literele majuscule, minuscule sau cele rusești, romane, grecești, germane etc. Numerotarea formulelor se va face în dreapta în paranteze rotunde.

2.3.3. *Figurile* trebuie executate unitar și rațional. Ele vor fi numerotate în continuare. Fotografiile vor fi pe hîrtie strălucitoare alb-negru. Explicația figurilor se va face pe o pagină separată.

2.3.4. *Notele* din text se numerotează în continuare.

2.3.5. *Citarea* literaturii în text se face prin simpla indicare a poziției lucrării din cadrul listei bibliografice, în paranteze drepte, fără alte mențiuni.

2.3.6. *Lista bibliografică* se va întocmi cuprinzînd lucrările la care se referă textul (cît și figuri sau tabele), speciale cît și cele generale. Se vor indica toate datele în transcripții originale. Pentru cărți : numele complet, prenumele prescurtat, titlul complet (eventual și tradus, în paranteze), ediția, editorul, locul editării, anul. Pentru articole : numele complet, prenumele prescurtat, titlul complet original (eventual și tradus, în paranteze), revista, tomul, anul, numărul, pagina.

2.3.7. *Scrisul la mașină* a articolelor este recomandat cu insistență, exceptîndu-se lucrările scrise caligrafic. Se scrie pe o singură față, la două rînduri (2 000 semne pe pagină). În partea stîngă a foii se lasă o margine de 5 cm.

2.3.8. *Paginația* se face în continuare. Se recomandă un volum de 10—12 pagini pentru articole.

2.3.9. *Expedierea.* Lucrările (în dublu exemplar) vor fi prinse cu agrafe. Manuscrisul se expediază cu paginile întinse format A_4 și cu plicul conținînd materialul grafic-ilustrativ anexat.

3. RELAȚII CU REDACȚIA

3.1. Nu se admite trimiterea concomitentă a textului la alte publicații.

3.2. Articolele se trimit cu o notă însoțitoare pe adresa redacției. În notă se vor indica : titluri academice, funcțiuni, localitatea și adresa domiciliului, nr. de telefon.

3.3. Lucrările executate în cadrul diverselor instituții sau organizații vor purta aprobarea acestora de publicare.

3.4. Corecturile se vor face după normele tipografice în vigoare.

3.5. Corecturile trimise autorilor vor fi înapoiate în maximum 48 de ore de la primire. Nu se admit modificări esențiale față de manuscris. Modificări importante ale manuscrisului cad în sarcina autorului.

E 2039

REFERATA

ENERGETICA

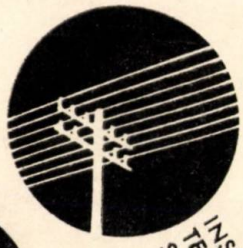
9

Energetica — Vol. 8. — septembrie nr. 9/1960 — p. 381-424 — Bucureşti

1960

INSTRUMENTE DE MĂSURĂ ELECTRONICE
pentru toate ramurile științei și industriei

INSTRUMENTE DE MĂSURĂ RADIOTEHNICE



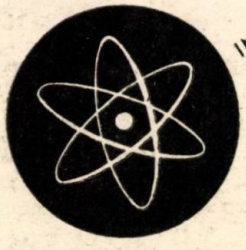
INSTRUMENTE DE MĂSURĂ PENTRU TEHNICA TELEFONIEI ȘI TRANSMISIUNILOR

INSTRUMENTE DE MĂSURĂ A MICROUNDELOR

INSTRUMENTE DE MĂSURĂ PENTRU SCOPURI INDUSTRIALE ȘI ȘTIINȚIFICE

ORION

ELEMENTE DE AUTOMATIZARE



INSTRUMENTE DE MĂSURĂ PENTRU FIZICA NUCLEARĂ

Exportă:

METRIMPEX

ÎNTREPRINDERE UNGARĂ DE COMERȚ EXTERIOR PENTRU PRODUSELE INDUSTRIEI DE INSTRUMENTE

ADRESA PENTRU SCRISORI: BUDAPESTA, CĂSUȚA POȘTALĂ 202 UNGARIA

ADRESA TELEGRAFICĂ: INSTRUMENT BUDAPEST

ENERGETICA

ANUL 8 Nr. 9 SEPTEMBRIE 1960

CUPRINS

CZ 624.1 : 621.315.17.002

Vlad A. şi *Vicol P.* : **Dezvoltarea activităţii TCME pe linia introducerii noi şi în lumina Directivelor celui de-al III-lea Congres al P.M.R.**

În articol se trec în revistă realizările Trustului de Construcţii şi Montaje Energetice pe linia progresului tehnic şi se dezvoltă principiile directoare pe care se va axa în viitor activitatea sa, pe baza Directivelor Congresului al III-lea al P.M.R.

Analiza se face separat pe cele trei mari sectoare ale trustului: centrale, linii şi staţii electrice.

Energetica 8 (1960), nr. 9, p. 381—386

CZ 621.311 : 620.9.001

Neguş I şi *Goldenberg C.* : **Criterii şi o formulă generală de calcul pentru stabilirea soluţiilor optime din punct de vedere tehnico-economic, în cadrul ramurii energetice.**

Autorii tratează problema comparării între ele din punct de vedere tehnico-economic a diferitelor variante posibile de rezolvare a problemelor de alimentare cu energie electrică. Se insistă asupra repercursiunilor economice ale punerilor parţiale în funcţiune a obiectivelor energetice la diferite etape. Se dă o formulă generală de calcul şi exemple numerice aplicative.

Energetica 8 (1960), nr. 9, p. 387—395

CZ 662.93.004

Antonescu N. : **Regimul termic al focarelor în diferite condiţii de funcţionare.**

În lucrare se încearcă găsirea unei metode simple, grafice, de determinare a regimului termic al focarelor, ţinînd seama de variaţia posibilă a factorilor funcţionali, în cazul utilizării combustibililor solizi.

Energetica 8 (1960), nr. 9, p. 396—405

CZ 621.3.014.3

Babeş V. : **Determinarea valorii curentului de scurt-circuit în instalaţiile electrice interioare de joasă tensiune.**

În articol se pune la îndemîna personalului de exploatare a instalaţiilor energetice din întreprinderile industriale descrierea unor metode practice simple pentru determinarea rapidă a curenţilor de scurt-circuit în instalaţiile electrice de joasă tensiune.

Energetica 8 (1960), nr. 9, p. 406—416

CZ 662.62.004

Szekely L. : **Aplicarea indicelui de degradare la combustibili solizi.**

Autorul propune introducerea pe scară naţională şi internaţională a „indicelui de degradare" al cărbunelui prin autooxidare, specifidînd că ar servi pentru stabilirea condiţiilor de depozitare. Articolul se publică pentru a fi supus discuţiilor.

Energetica 8 (1960), nr. 9, p. 416—421

DIN PRODUCŢIE

DOCUMENTARE

COMITETUL DE REDACȚIE

Prof ing. **I. D. STĂNCESCU**, redactor responsabil, conf. ing. **C. MIHĂILEANU**, redactor responsabil adjunct, conf. ing. **I. A. BADEA**, prof. ing. **M. BERCOVICI**, membru corespondent al Academiei R.P.R., laureat al Premiului de Stat, ing. **M. COGĂLNICEANU**, conf. ing. **E. CONSTANTINESCU**, ing. **P. DIMO**, laureat al Premiului de Stat, prof. ing. **C. DINCULESCU**, membru corespondent al Academiei R.P.R., ing. **I. V. HERESCU**, conf. ing. **N. MOLDOVEANU**, prof. ing. **C. PENESCU**, ing. **T. POPA**, ing. **S. SĂNDULESCU** și ing. **P. VICOL**

Revista **„ENERGETICA"**, organ al Asociației Științifice a Inginerilor și Tehnicienilor din R.P.R. și al Ministerului Industriei Grele. Redacția și administrația: București, Str. Ion Ghica Nr. 3 Raion Tudor Vladimirescu, Telefon 14.15.95—14.06.24. Revista este editată de A.S.I.T. — Abonamentele se primesc la administrația revistei, la sediul filialelor și subfilialelor A.S.I.T. din întreaga țară și prin responsabilii cu presa din cercurile A.S.I.T. — Instituțiile pot achita abonamentele pentru biblioteci și cabinetele tehnice în contul nostru de virament: Publicațiile Tehnice A.S.I.T. 070124 B.R.P.R. Filiala I. V. Stalin — București — Tarif pentru întreprinderi: lei 100 anual. — Tarif pentru muncitori, tehnicieni și ingineri: lei 30 anual — Prețul unui exemplar: lei 5 — Tiparul: Intreprinderea Poligrafică Nr. 2, București.

c. 3347

ENERGETICA

ANUL 8
1960
Nr. 9
SEPTEMBRIE

ORGAN AL ASOCIAŢIEI ŞTIINŢIFICE A INGINERILOR ŞI TEHNICIENILOR DIN R.P.R.
ŞI AL MINISTERULUI INDUSTRIEI GRELE

Dezvoltarea activităţii TCME pe linia introducerii tehnicii noi şi în lumina Directivelor celui de-al III-lea Congres al P.M.R.

Ing. A. VLAD
Director general al TCME

şi

ing. P. VICOL
Director tehnic

Directivele Congresului al III-lea al P.M.R. trasează sectorului electrificării sarcini deosebit de mărețe.

Călăuzindu-se după principiul leninist, care arată că electrificarea trebuie să se dezvolte cu un pas înaintea industrializării, programul pentru acest sector al economiei asigură o creştere fără precedent a lucrărilor pentru dezvoltarea bazei energetice a ţării.

Pentru mărirea producţiei de energie electrică de la circa 7 miliarde kWh în 1959 la circa 18,5 miliarde kWh în 1965, adică de 2,7 ori, sectorul de construcţii şi montaje energetice va trebui să execute în această perioadă:

— instalarea a circa 2300 MW în centrale electrice;

— construirea a circa 23000 km linii de transport al energiei electrice, inclusiv staţiile şi posturile de transformare aferente.

Lucrările vor trebui să fie realizate la un înalt nivel tehnic şi în condiţii economice mult îmbunătăţite:

— productivitatea muncii în sectorul construcţii-montaj va trebui să crească pînă în 1965 cu 50%;

— preţul de cost al acestui sector va trebui să scadă cu 11%.

Pentru a se putea realiza aceste sarcini sensibil sporite faţă de trecut, în toate sectoarele de activitate ale

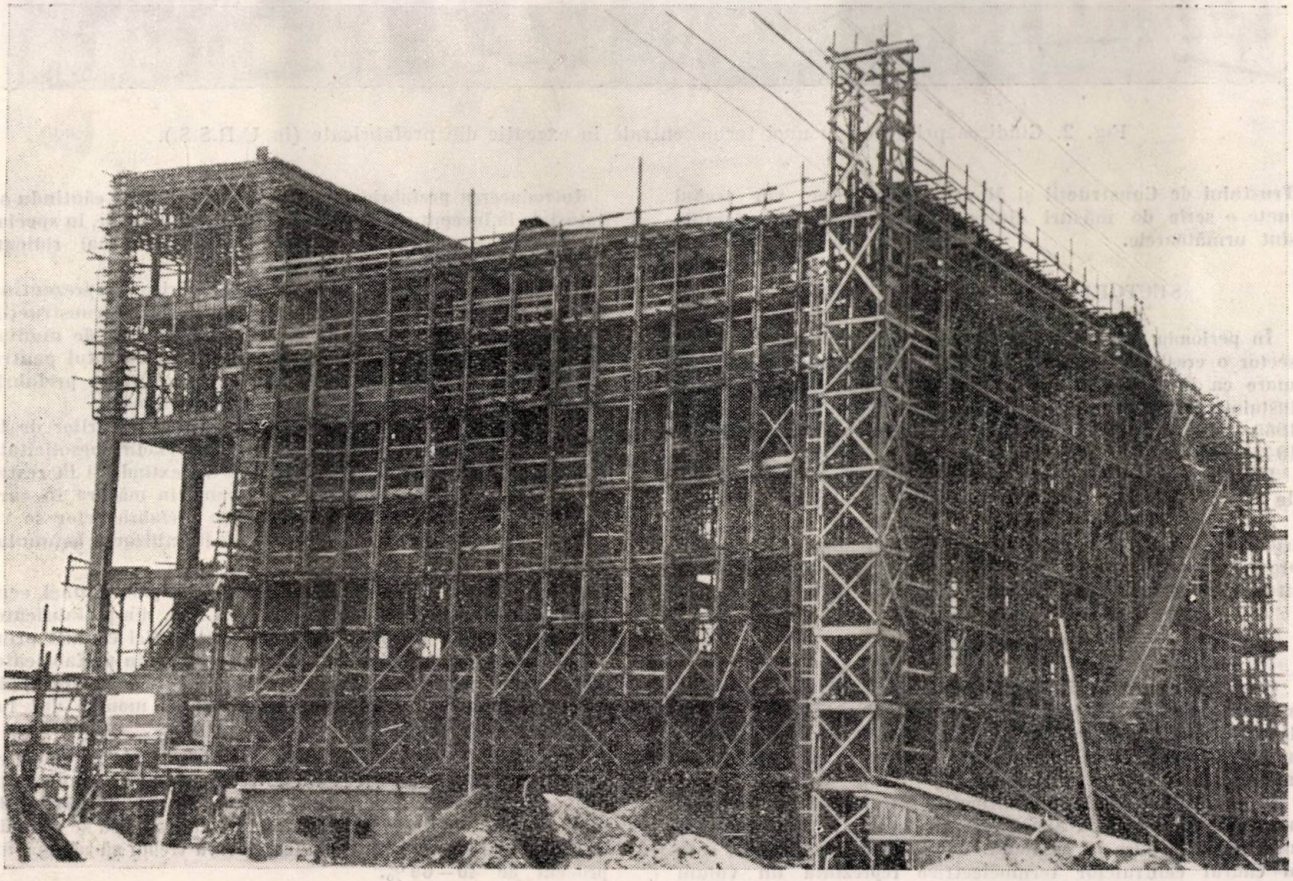


Fig. 1. Clădirea principală a unei termocentrale în execuţie, după metoda clasică.

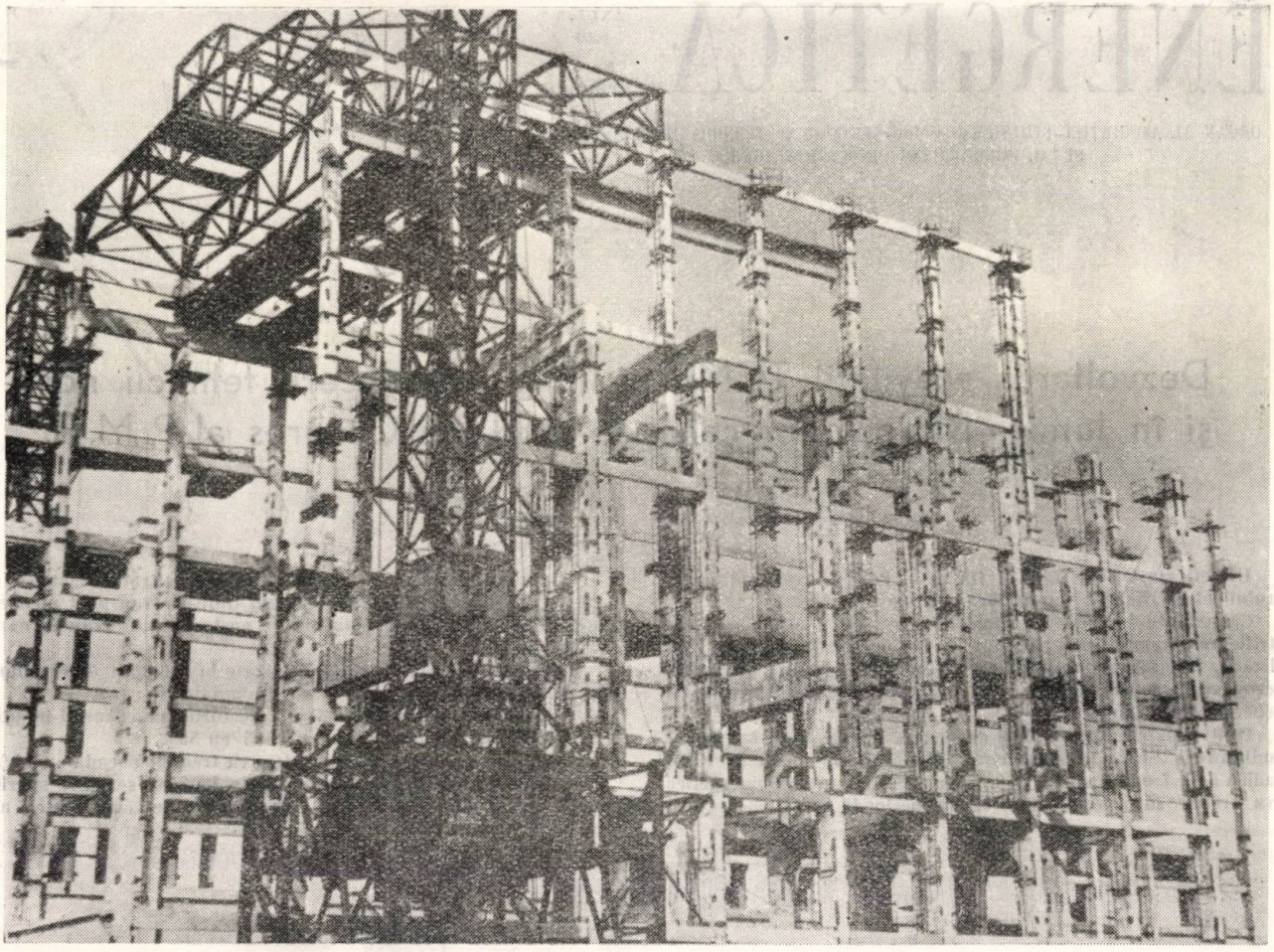


Fig. 2. Clădirea principală a unei termocentrale în execuţie din prefabricate (în U.R.S.S.).

Trustului de Construcţii şi Montaje Energetice, vor trebui luate o serie de măsuri dintre care cele mai importante sînt următoarele.

SECTORUL CENTRALE ELECTRICE

În perioada 1960 — 1965 se va realiza anual în acest sector o creştere a puterii instalate de aproape 3 ori mai mare ca în perioada anterioară de 10 ani, media puterii instalate anual urmînd a fi de circa 400 MW în perioada 1960—1965 faţă de circa 70 MW cît a fost instalat în perioada 1949—1959.

Dinamica puterii ce se va instala anual prevede creşterea de la 225 MW din 1960 la 665 MW în anul 1964—1965.

Sarcinile importante care revin sectorului de centrale electrice, ca şi condiţiile care se cer să fie realizate, implică o organizare temeinică a acestor lucrări care vor trebui să se situeze la nivelul tehnicii avansate.

INDUSTRIALIZAREA

Condiţia esenţială în realizarea lucrărilor pe şantierele mari de centrale termoelectrice o constituia ridicarea gradului de prefabricare a lucrărilor de construcţii şi de preasamblare în blocuri mari a echipamentelor energetice la lucrările de montaj.

In condiţiile actuale, prefabricatele sînt folosite sporadic şi nesistematic, astfel că avantajele lor faţă de betonul monolit n-au putut fi puse în evidenţă. Lucrările de construcţii, care în cadrul centralelor termoelectrice reprezintă un volum mare şi sînt constituite din elemente grele, se realizează cu un consum exagerat de material lemnos deficitar (fig.3).

Introducerea prefabricatelor se va face gradat, căutîndu-se totuşi de la început să se renunţe la betonul monolit, în special acolo unde consumul de material lemnos este mai ridicat, adică la lucrările supraterane înalte.

Trecerea de la betonul monolit la prefabricate reprezentînd de fapt o schimbare de profil la şantierele de construcţii, apropiind specificul acestora de cel al şantierelor de montaj se va face printr-o strînsă colaborare cu proiectantul pentru a se stabili menţinerea dimensională a elementelor prefabricate grele, la care mecanizarea este avantajoasă.

In prima fază se va trece la prefabricarea lucrărilor de la clădirea principală a centralei şi a altor clădiri nesolicitate la eforturi dinamice, iar mai tîrziu se va extinde şi la restul lucrărilor, inclusiv la lucrările subterane, în măsura în care asimilarea noilor tehnologii şi folosirea prefabricatelor se va realiza în condiţii mai economice decît la utilizarea betonului monolit.

In fig. 2 este reprezentată clădirea principală a unei centrale termoelectrice în execuţie în U.R.S.S., din prefabricate.

Figurile 1 şi 2 prezintă aspectul construcţiei clădirii principale în soluţia monolit, faţă de construcţia din prefabricate. Rezultă în mod evident reducerea masivă a consumului de material lemnos şi caracterul industrial de montaj dat lucrărilor de construcţii.

In domeniul lucrărilor de montaj al centralelor electrice accentul va fi pus pe preasamblarea elementelor componente ale echipamentelor energetice. Astfel, pentru lucrările de montaj cazane indicele de preasamblare va trebui să se apropie de 100 %, iar la montajul conductelor va trebui să atingă un procent de 40—60 %.

Pentru micşorarea volumului de montaj pe şantiere, în ceea ce priveşte preasamblarea cazanelor, s-a cerut fabricilor

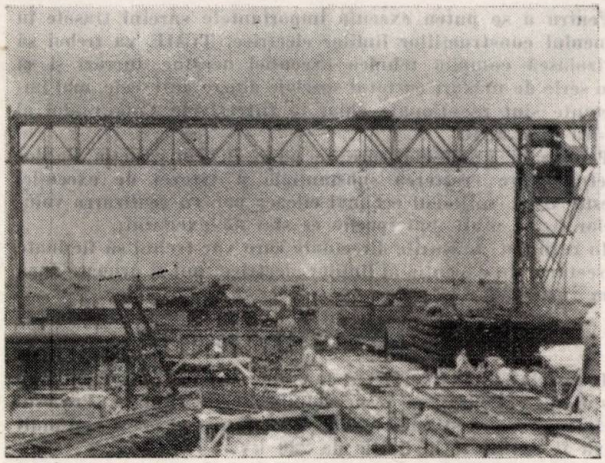


Fig. 3. O macara portal de 30 t, folosită la preasamblări

constructoare să studieze posibilitatea furnizării elementelor preasamblate la limita capacității mijloacelor de transport pe căile ferate.

ORGANIZAREA DE ȘANTIER ȘI TEHNOLOGIA DE EXECUȚIE

Un element de bază al realizării lucrărilor de construcții și montaj al centralelor electrice îl constituie organizarea temeinică a șantierului. In noile condiții de lucru nu va mai fi posibil ca elaborarea proiectului de organizare să se facă fragmentat, fără cunoașterea de la început în detaliu a proiectelor lucrărilor de bază și a volumului acestora.

Imbunătățirea organizărilor de șantier se va face atît în ceea ce privește structura lor, care va consta în găsirea de noi soluții, în scopul reducerii prețului de cost, cît și în crearea condițiilor optime de muncă și cazare.

In ceea ce privește schemele de amplasare se vor crea fluxuri tehnologice bine stabilite de la început, similar cu cele din industrie.

Studierea în mod temeinic a organizării înainte de începerea lucrărilor de bază va permite să se folosească cu mai multă eficacitate resursele locale, privind aprovizionarea cu materiale, în special a agregatelor de beton, cazarea muncitorilor, cooperarea cu organizațiile locale pentru confecționarea prefabricatelor și se vor putea folosi la maximum o parte din lucrările de bază pentru organizarea șantierului.

Intocmirea unui plan de lucru adecvat prin eșalonarea lucrărilor principale fără vîrfuri pronunțate de producție și prin îmbinarea armonioasă a lucrărilor de construcții cu cele de montaj, va reduce corespunzător volumul lucrărilor de organizare. In același scop, apare indicată utilizarea în perioadele de vîrf a organizărilor de șantiere sezoniere cu amenajări mobile sau demontabile (rulote, corturi etc.)

Depozitele pentru materialele de construcții vor trebui să fie grupate într-un singur loc, cît mai aproape de lucrările de bază și deservite direct de liniile ferate; atelierele și instalațiile de prelucrare se vor reduce la minimum necesar și se vor amplasa în apropierea depozitelor în scopul reducerii transporturilor interne.

Prepararea betoanelor, eventual sortarea și înnobilarea agregatelor, se va face lîngă depozitele acestora, fiind gospodărite împreună.

Atelierele de confecții metalice și platformele pentru pregătirea oțelului beton se vor concentra tot în apropierea depozitelor de materiale. Materialele de masă, care nu suferă prelucrare (cărămizi, prefabricate, confecții metalice), se vor transporta direct la punctele de lucru. Echipamentele energetice vor fi grupate astfel încît între ele și punctul de lucru să rămînă numai spațiul necesar pregătirii și preasamblării, unele depozitîndu-se chiar pe platforma de asamblare.

Cele expuse mai sus se deosebesc fundamental de procedeele folosite pînă acum, cînd nu s-a urmărit o tehnologie optimă a execuției lucrărilor, amplasarea atelierelor și instalațiilor de prelucrare făcîndu-se în locuri diferite, folosindu-se transportul intern pe linii decauville și transportul pe verticală cu ajutorul boburilor sau al altor utilaje cu raza de acțiune redusă.

O acțiune prin care se va mări operativitatea pe șantiere o va constitui introducerea dispecerizării prin care se vor dirija operativ forțele de muncă, utilajele, materialele acolo unde producția o va cere, reducîndu-se astfel timpii morți și permițînd într-o măsură mai mare personalului tehnic de conducere a lucrărilor să se concentreze pe probleme tehnice de producție.

MECANIZAREA

Introducerea prefabricatelor atît în lucrări de construcții cît și în cele de montaj și preasamblarea în blocuri a echipamentelor, precum și mărirea ritmului de execuție, impun introducerea unei mecanizări complexe a lucrărilor de construcții și montaj cu folosirea utilajului greu, de mare productivitate (macarale portal pînă la 30 t, macarale turn de la 3—40 t, excavatoare, tractoare grele, automacarale etc.) (fig. 3 și 4), reducîndu-se astfel indicii de utilizare extensivi și intensivi ai acestora.

Pentru centralizarea preparării betoanelor se vor construi instalații mecanizate la care controlul dozării va ridica calitatea betonului.

Transportul cimentului va trebui făcut cu autocamioane cisterne dotate cu instalații pneumatice de încărcare-descărcare, transportul restului de materiale efectuîndu-se cu autodescărcătoare, renunțîndu-se la liniile decauville.

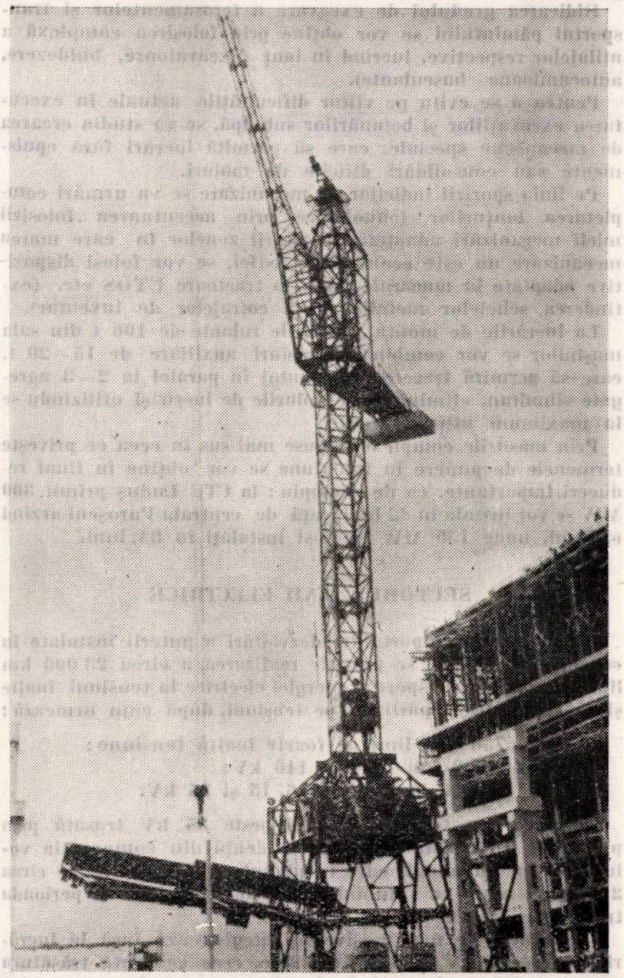


Fig. 4. O macara turn de mare tonaj de 40 t, folosită la montarea prefabricatelor și echipamentelor în termocentrale.

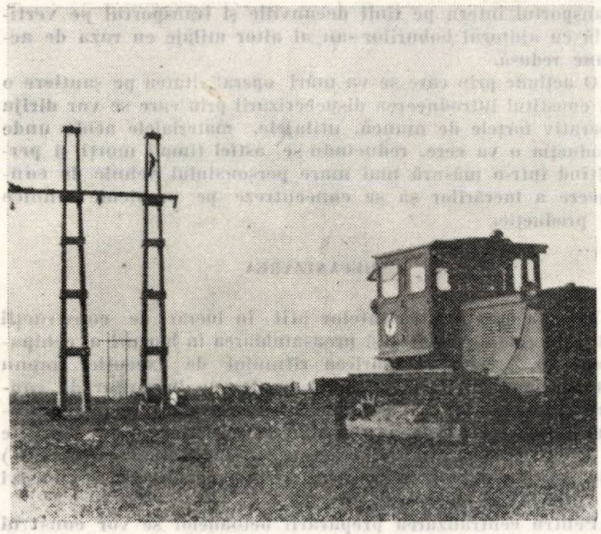


Fig. 5. Folosirea tractoarelor în operații complexe (derularea conductoarelor)

Se preconizează mecanizarea manevrării materialelor de masă prin folosirea lopeților mecanice la descărcarea agregatelor și deservirea instalațiilor de betonare.

Ridicarea gradului de excavare a terasamentelor și transportul pămîntului se vor obține prin folosirea complexă a utilajelor respective, lucrînd în lanț (excavatoare, buldozere, autocamioane basculante).

Pentru a se evita pe viitor dificultățile actuale în executarea excavațiilor și betonărilor sub apă, se va studia crearea de mecanisme speciale, care să permită lucrări fără epuismente sau consolidări dificile de maluri.

Pe linia sporirii indicilor de mecanizare se va urmări completarea lanțurilor tehnologice prin accentuarea folosirii micii mecanizări adaptată acoperirii zonelor în care marea mecanizare nu este economică. Astfel, se vor folosi dispozitive adaptate la macarale auto, la tractoare UTOS etc. (extinderea schelelor metalice și a cofrajelor de inventar).

La lucrările de montaj, podurile rulante de 100 t din sala mașinilor se vor combina cu poduri auxiliare de 15—20 t, care să permită trecerea la montaj în paralel la 2—3 agregate simultan, eliminîndu-se golurile de lucru și utilizîndu-se la maximum utilajele grele.

Prin măsurile complexe expuse mai sus în ceea ce privește termenele de punere în funcțiune se vor obține în final reduceri importante, ca de exemplu: la CTE Luduș primii 300 MW se vor instala în 42 luni, față de centrala Paroșeni arzînd cărbuni, unde 150 MW au fost instalați în 84 luni.

SECTORUL LINII ELECTRICE

Corespunzător importanței dezvoltări a puterii instalate în centralele electrice, se prevede realizarea a circa 23 000 km linii aeriene de transport al energiei electrice la tensiuni înalte și foarte înalte, repartizate pe tensiuni, după cum urmează:

— circa 750 km linii de foarte înaltă tensiune;
— circa 2 500 km linii de 110 kV;
— circa 20 000 km linii de 6, 15 și 35 kV.

Creșterea construcției de linii peste 35 kV trasată prin planul de 6 ani este scoasă în evidență din comparația volumului mediu anual, care în planul pe 6 ani este de circa 2 ori mai mare ca volumul mediu anual realizat în perioada trecută de 10 ani.

Creșterile cele mai masive se înregistrează însă la lucrările de 6—15 kV și joasă tensiune, ceea ce arată trăsătura caracteristică a planului de 6 ani, care prevede o puternică electrificare în mediul rural și în agricultură.

Această creștere substanțială a liniilor de distribuție necesită și organizarea unor unități (șantiere) profilate pentru specificul acestor lucrări.

Pentru a se putea executa importantele sarcini trasate în domeniul construcțiilor liniilor electrice, TCME va trebui să revizuiască complet tehnica execuției acestor lucrări și să ia o serie de măsuri cu totul speciale dintre care cele mai importante sînt menționate chiar în Directivele Congresului al III-lea al P.M.R.

Principala problemă care se pune în construcția liniilor electrice este creșterea substanțială a vitezei de execuție, aceasta fiind mijlocul cel mai eficace pentru realizarea volumelor fizice mult mai sporite ce sînt de executat.

In rezumat, măsurile directoare care vor trebui să fie luate în sectorul de execuție al liniilor electrice pot fi grupate după cum urmează:

INDUSTRIALIZAREA LUCRĂRILOR DE LINII

Industrializarea lucrărilor de linii, care și în prezent este destul de ridicată, va fi dezvoltată în continuare. Procesul de introducere a stîlpilor de beton va fi accentuat și mai mult și va fi extins și la liniile de 220 kV.

— Se vor introduce progresiv stîlpii de beton precomprimat în urma încercărilor și experimentărilor ce se fac de TCME.

— Industrializarea elemelor și armăturilor va fi îmbunătățită prin centralizarea fabricației în sectorul industrial, obținîndu-se o calitate superioară. Va trebui asimilată de către sectorul industriei prelucrătoare și fabricarea elemelor și armăturilor pentru liniile de 220 kV.

ORGANIZAREA LUCRĂRILOR ȘI TEHNOLOGIA DE EXECUȚIE

Pentru execuția marilor lucrări de linii se va experimenta și apoi introduce în producția curentă execuția în lanț pe fluxuri tehnologice prin brigăzi complexe puternic mecanizate. Această metodă folosită cu eficacitate în U.R.S.S. conduce și la viteze de execuție mari și la un preț de cost scăzut.

Este necesară asimilarea unor noi tehnologii de montaj în legătură cu trecerea la construcția liniilor de foarte înaltă tensiune, care se vor executa la noi în țară, ca de exemplu: execuția fundațiilor speciale, montajul sub tracțiune mecanică și îmbinarea prin laminare a conductoarelor de oțel-aluminiu de secțiuni mari (400 mm^2) etc.

Vor trebui să fie introduse pe șantierele de linii mijloace moderne de comunicație prin radio, care să asigure legături operative între diversele brigăzi ale coloanelor și cu conducerea șantierului, ceea ce va îmbunătăți simțitor desfășurarea lucrărilor.

O atenție specială se va da organizării execuției și tehnologiei liniilor de 6—15 kV, al căror volum, așa cum s-a văzut, crește considerabil, iar vitezele de execuție obținute în prezent nu sînt satisfăcătoare. Se va mări sensibil mobilitatea acestor șantiere care vor trebui să fie dotate cu mijloace mecanizate de tip ușor și organizate pentru executarea în serie a acestei categorii de linii.

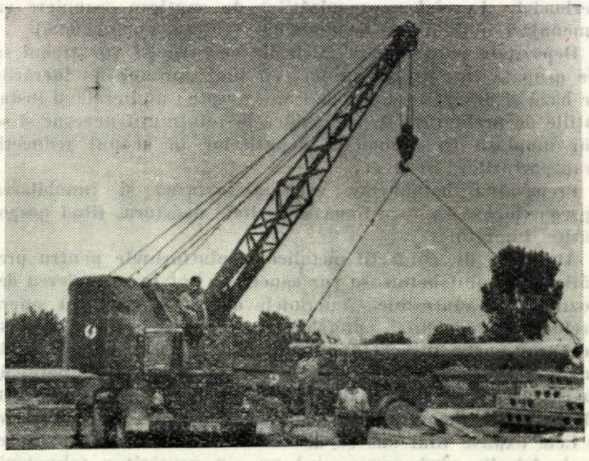


Fig. 6. Mecanizarea operațiilor de încărcare-descărcare a stîlpilor de beton armat centrifugat.

Se va ridica sensibil nivelul de organizare al şantierelor noastre de linii pentru a le mări eficacitatea şi a contribui la creşterea productivităţii muncii lucrătorilor liniori. In acest scop, şantierele de linii vor fi organizate de tip mobil prin folosirea rulotelor şi barăcilor demontabile. Noile organizări de şantiere de linii vor fi tipizate pe categorii de lucrări şi vor conţine în rulote sau barăci toate amenajările necesare : dormitoare, sală de mese, bucătărie, duşuri, club-bibliotecă, post sanitar, ateliere, magazii etc, şi vor fi prevăzute cu electricitate proprie, radio, apă curentă, încălzire centrală sau locală — după caz, şi diverse alte amenajări gospodăreşti.

Pentru o bună exploatare a parcului de utilaje care, ca urmare a mecanizării intense la lucrările de linii vor fi foarte numeroase pe aceste şantiere, vor trebui să fie organizate trenuri-atelier compuse din 4—5 autocamioane, amenajate corespunzător şi dotate cu toate maşinile-unelte şi instalaţiile necesare întreţinerii şi efectuării reparaţiilor mici ale utilajelor. Aceste ateliere vor avea surse proprii de energie electrică şi vor fi dirijate în punctele de mari concentrări de utilaje, asigurînd o funcţionare corespunzătoare a acestora.

MECANIZAREA

Va trebui să se treacă la mecanizarea aproape completă a lucrărilor de linii. Dintre operaţiile principale menţionăm :

— Mecanizarea săpării gropilor prin folosirea unor maşini de săpat moderne, de productivitate ridicată şi caracteristici tehnice corespunzătoare ;

— Reorganizarea transporturilor de stîlpi grei cu mijloace intens mecanizate şi corespunzătoare terenurilor dificile ;

— Mecanizarea turnării fundaţiilor de stîlpi, acolo unde condiţiile locale şi volumul de lucru permit ;

— Folosirea complexă a tractoarelor grele, prin revizuirea metodelor existente de ridicare a stîlpilor şi introducerea de metode noi cu indici mai ridicaţi de productivitate ;

— Pentru traseele foarte dificile sau inaccesibile se va studia folosirea helicopterului la transportul pieselor şi al materialelor şi chiar la operaţii tehnologice în măsura posibilităţilor.

Măsurile complexe arătate mai sus vor permite o creştere substanţială a productivităţii şi a vitezelor de execuţie a lucrărilor de linii la nivelul valorilor realizate în ţările mai avansate. Aceste viteze vor atinge pentru un şantier cu 2—4 coloane tipizate, în funcţie de lungime şi condiţiile de teren, următoarele valori :

— la liniile de 110 kV : 2 km/zi, adică de peste 2 ori faţă de cifrele realizate în prezent ;
— la liniile de 35 kV : 1 km/zi, adică de peste 3 ori faţă de cifrele realizate în prezent ;
— la liniile de 6—15 kV : 0,7 km/zi, adică de peste 4 ori faţă de cifrele realizate în prezent.

SECTORUL STAŢII ELECTRICE

Corespunzător creşterii sectorului de montaj centrale şi linii electrice va creşte şi volumul de montaj al lucrărilor de staţii, fiind precumpănitor volumul staţiilor de 35 kV.

Se menţionează că prin extinderea importantă a lucrărilor de electrificare a ţării, atît în mediul urban cît şi în cel rural, vor creşte concomitent mărimea medie a staţiilor de 35 kV şi numărul posturilor de transformare.

Principalele măsuri necesare în montajul staţiilor de transformare pot fi grupate în acelaşi mod.

INDUSTRIALIZAREA

În domeniul staţiilor electrice industrializarea montajului constituie factorul fundamental pentru atingerea scopurilor arătate.

Trebuie eliminate complet anumite practici ce se mai întîlnesc pe unele din şantierele de staţii şi posturi la care funcţionează mici ateliere, care confecţionează cu mijloace necorespunzătoare numeroase piese şi semifabricate necesare montajului.

Această situaţie va putea fi remediată numai printr-o industrializare aproape completă a montajului, executîndu-se în ateliere centrale bine utilate, elemente prefabricate cît mai complexe, care pe şantier să sufere numai operaţii de asamblare şi instalare. Un exemplu de acest fel îl constituie celulele prefabricate de exterior de 6 — 15 kV complet premontate cu circuite primare şi secundare, executate în atelier, care pe şantier necesită doar operaţii minime de instalare.

Acest gen de prefabricări şi preasamblări trebuie extins la toate elementele constructive ale staţiilor şi posturilor, fiind principala pîrghie pentru mărirea productivităţii muncii, scurtarea termenelor de execuţie şi ridicarea calităţii lucrărilor.

Realizarea acestui grad ridicat de industrializare este posibilă însă numai în condiţiile unei tipizări complete a lucrărilor de staţii şi posturi, care permite o producţie industrială de bună calitate şi economică.

Se cere însă o tipizare de adîncime pornind de la soluţia tehnică pînă la ultimul element de detaliu, care să cuprindă atît partea de construcţii cît şi montajul comutaţiei primare şi secundare, reducîndu-se la maximum numărul şi tipurile elementelor constructive.

Ca urmare a acestei tipizări întreprinderile şi unităţile care produc elementele industrializate vor trebui să ridice simţitor calitatea produselor livrate, modernizîndu-le la nivelul corespunzător tehnicii avansate.

În acelaşi timp, în cadrul industrializării va trebui extinsă utilizarea materialelor moderne, în special materialele plastice atît ca material izolant cît şi ca material de montaj, de asemenea vor trebui introduse izolatoare cu armături interioare, cutii terminale de gabarit redus etc.

Introducerea soluţiilor moderne pentru comutaţia secundară cu aparataj de curenţi slabi sau electronic accentuează necesitatea acestei măsuri.

ORGANIZAREA LUCRĂRILOR ŞI TEHNOLOGIA DE EXECUŢIE

Dat fiind varietatea cu totul specială a bazei materiale specifice lucrărilor de staţii, un rol deosebit în atingerea unor indici ridicaţi la montajul acestora îl are pregătirea tehnico-materială.

Existenţa întregii documentaţii tehnice înainte de începerea lucrărilor şi asigurarea ritmică a bazei materiale sînt condiţii fundamentale la montajul staţiilor.

Şi în privinţa tehnologiei de montaj a staţiilor trebuie adoptate soluţii moderne. Astfel va trebui introdusă sudura sau îmbinarea prin presiune la rece a barelor de aluminiu, va trebui utilizată înfigerea diblurilor cu pistolul, vor trebui folosiţi papuci ştanţaţi fixaţi prin presiune la rece etc.

MECANIZAREA

În montajul staţiilor, problema mecanizării nu este determinantă. Trebuie subliniată însă problema transporturilor echipamentului greu, în special al transformatorilor de 40—60 MVA la staţiile fără linie ferată de garaj, pentru care trebuie asigurate remorci speciale şi trebuie organizată gospodăria de azot necesară conservării transformatorului în timpul transportului.

Mica mecanizare joacă însă un rol important completînd industrializarea în vederea obţinerii unor indici maximi.

În acest scop, trebuie asigurate dispozitive de mică mecanizare cît mai perfecţionate şi de mare productivitate şi sortimente variate de scule de bună calitate.

Toate măsurile arătate mai sus aplicate în mod coordonat vor trebui să aducă în afară de obţinerea unor indici de calitate şi preţ de cost mai redus, îmbunătăţiri şi la atingerea unor viteze de execuţie sporite faţă de cele realizate pînă în prezent.

Astfel folosindu-se formaţii de lucru tip şi în condiţiile asigurării ritmice a bazei materiale, vitezele de execuţie care vor trebui să fie obţinute la lucrările de staţii de dimensiuni şi configuraţie medie sînt :

— staţii de 110 kV cu celule de 6 kV în cabine metalice de exterior 6 luni
staţii de 110 kV cu partea de 6—15 kV în clădire 12 „
— staţii de 35 kV cu celule de 6 kV în cabine me-
— talice de exterior 4,5 „

Post de transformare suprateran (construcția și montajul):
— în construcție zidită 3 luni
— în construcție prefabricată 2 „
— în construcție metalică industrializată complet 15 zile

CONCLUZII

După cum s-a văzut din analiza celor trei sectoare distincte ale TCME, pe linia industrializării. introducerea prefabricatelor este condiția esențială pentru realizarea sarcinilor de plan în perioada 1960—1965 în toate domeniile de activitate.

Industrializarea în sectorul energetic se remarcă prin volumul important al produselor industriale și al sortimentelor variate.

În aceste condiții, rezolvarea problemei prefabricatelor nu poate fi asigurată numai în cadrul TCME și apare ca absolut necesar ca pe lîngă lărgirea unităților industriale proprii să se intervină și prin planul de cooperare cu alte unități industriale.

Astfel, prefabricatele pentru lucrări de construcții de centrale termoelectrice vor trebui să fie realizate prin profilarea fabricilor de prefabricate de construcție din țară pentru acest gen de produse (Progresul, Or. Stalin, Turda, Roman etc.).

Acelorași fabrici va trebui să li se încredințeze și producția de stîlpi de beton vibrat precomprimat pentru liniile de înaltă și joasă tensiune necesare electrificărilor rurale.

Pentru liniile de transport al energiei electrice de la 35 kV în sus, precum și pentru anumite electrificări urbane, urmează ca TCME să asigure livrarea stîlpilor de beton centrifugați și metalici dezvoltîndu-și și modernizîndu-și actuala capacitate de producție.

Trecerea pe scară cît mai largă la automatizarea stațiilor de transformare cu folosirea echipamentelor de curenți slabi și electronici, impune asimilarea confecționării prefabricatelor respective (panouri de comandă, măsură de semnalizare, protecție, celule capsulate de înaltă tensiune, celule exterioare în cabine metalice etc.) de către TCME prin unitățile sale de producție industrială, care vor continua confecționarea acestor produse la nivelul soluțiilor necesare.

Producția de eleme, armături și piese de contact necesare lucrărilor de linii, stații și rețele de troleibuse și tracțiune electrică, va trebui concentrată într-o uzină specializată pentru acest gen de produse, care să satisfacă atît necesitățile TCME și ale unităților de exploatări energetice, cît și necesitățile celorlalți consumatori.

Pe linia mecanizării pentru obținerea vitezelor sporite în execuția lucrărilor este necesară completarea actualei dotări a TCME cu utilaje grele de mare productivitate de tipurile care s-au arătat la fiecare capitol, precum și asimilarea în producție de către uzinele metalurgice a unor utilaje care astăzi sînt procurate din import (macarale portal de 30 t, macarale turn de 40 t, vagoane de 100 t) (fig. 3 și 4).

Pe linia ridicării nivelului tehnic și a îmbunătățirii calității lucrărilor este necesară introducerea unui control științific cu folosirea aparatelor moderne de defectoscopie, în special în domeniul sudării și de verificare a lucrărilor de construcții și instalațiilor executate.

Pe aceeași linie este necesară modernizarea aparatelor și produselor electrice furnizate de industria electrotehnică, condiție esențială pentru obținerea unui nivel corespunzător cerințelor tehnicii moderne (aparataj cu aer comprimat, instrumente de măsură de dimensiuni reduse, izolatoare pentru liniile de 220 kV, cabluri de 10—15 kV etc).

În același scop, TCME va trebui să depună o activitate intensă pentru specializarea personalului de execuție în deosebi pentru lucrările de sudură de înaltă presiune și temperatură, montajul cazanelor și turbinelor cu parametri înalți, linii de foarte înaltă tensiune în automatizări etc.

Pe linia planificării lucrărilor vor trebui introduse modificări în actualul sistem al lucrărilor energetice, ținîndu-se seama de tehnologia acestora pentru a se asigura o desfășurare a lor în perioadele cele mai favorabile corespunzătoare specificului lor. Astfel, la lucrările de linii mari de transport anul calendaristic de execuție trebuie să fie încadrat în plan în perioada trim. II și III pentru operațiile de fundații și montarea stîlpilor, urmînd ca în trim. IV și I următor să se realizeze montajul conductoarelor. De asemenea lucrările de construcții pentru stații să se desfășoare în trim. II și III, iar montajul în trim. IV și I următor.

Aceste măsuri nu numai că permit executarea lucrărilor exterioare în condiții favorabile, cu rezultate directe asupra economicității lor, dar rezolvă și problema încărcării unităților de execuție în special în trim. I al fiecărui an, cu lucrări productive, dîndu-le astfel posibilitatea să-și mențină și să-și dezvolte potențialul de producție și să se încadreze în indicii economici stabiliți.

Planificarea de perspectivă să aibă în vedere încărcarea anuală uniformă în toate cele trei sectoare de activitate, linii, stații și centrale electrice pentru a nu se produce perturbații în activitatea unităților de execuție și slăbirea potențialului acestora.

Pe linia organizatorică în sectorul de construcții și montaj centrale electrice va trebui creată o organizație specializată în care lucrările de construcții vor fi realizate prin unități puternice locale, iar montajul printr-o unitate centrală dotată cu personal de înaltă calificare și mijloace de producție la nivelul tehnicii avansate.

În sectorul liniilor și stațiilor electrice volumul mare al lucrărilor, răspîndirea pe întregul teritoriu al țării și diversitatea mijloacelor de execuție utilizate impun o separare organizatorică a execuției liniilor de transport al energiei electrice peste 35 kV de cele de distribuție de înaltă și joasă tensiune.

Cele arătate mai sus constituie cadrul acțiunilor principale de introducere a tehnicii avansate pentru realizarea sarcinilor măreț trasate de Directivele Congresului al III-lea al P.M.R. și HCM cu privire la introducerea tehnicii noi fiind convinși că muncitorii, tehnicienii și inginerii din sectorul construcții-montaje energetice vor lupta cu hotărîre pentru traducerea lor în viață.

Criterii şi o formulă generală de calcul pentru stabilirea soluţiilor optime din punct de vedere tehnico-economic, în cadrul ramurii energetice

Ing. *ION NEGUŞ* şi ing. *CAROL GOLDENBERG*

Aspectul economic al comparării tehnico-economice a diferitelor soluţii

Investiţiile necesare pentru economia socialistă se stabilesc avîndu-se în vedere dezvoltarea planică, proporţională a economiei naţionale, pe baza metodei de planificare cu ajutorul balanţelor, ţinînd seama de creşterea cu precădere a producţiei mijloacelor de producţie, în vederea asigurării reproducţiei socialiste lărgite. Alegerea soluţiei celei mai avantajoase, în vederea satisfacerii unor nevoi determinate în economia naţională, se face însă pe bază de calcule tehnico-economice. În efectuarea acestor calcule tehnico-economice, problema cheie o constituie stabilirea şi aplicarea unei metode juste pentru determinarea eficacităţii economice a investiţiilor respective, în care să se ţină seama de toţi factorii care influenţează într-un sens sau altul problema.

Determinarea eficacităţii economice se face pe baza elementelor care se pot exprima băneşte. În alegerea unei soluţii mai pot interveni însă şi alţi factori care nu pot fi exprimaţi cifric.

În materialele de specialitate publicate în U.R.S.S. şi ţările de democraţie populară, se consideră că este corect să nu se amestece cele două categorii de factori, deoarece este greu să se compare punctele de vedere economice cu cele social-politice, chiar dacă acestea din urmă pot fi exprimate prin cifre; aceste aspecte intervin cu o pondere specială.

În esenţă, eficacitatea economică reprezintă obţinerea în situaţii comparabile, a unui maxim de avantaje economice cu cele mai mici investiţii şi cheltuieli.

Prin natura ei, eficacitatea economică apare ca o noţiune relativă deoarece în stabilirea acesteia se ţine seama atît de elemente care privesc specificul ramurii respective cît şi ansamblul economiei naţionale, în acest scop fiind necesară examinarea comparativă a unor diferite soluţii. Spre deosebire de eficacitate, rentabilitatea unei soluţii este o noţiune absolută, reprezentînd diferenţa dintre valoarea producţiei şi cheltuielile anuale (de producţie) respective, raportată fie la cheltuieli, fie la investiţii. De unde rezultă că o soluţie ar putea fi rentabilă, raportată la situaţia existentă, fără ca în acelaşi timp să fie cea mai avantajoasă din punct de vedere al eficacităţii economice.

Se menţionează că acest calcul al eficacităţii economice poate fi utilizat în rezolvarea diverselor probleme legate de crearea de obiective noi, reprofilarea sau extinderea întreprinderilor existente, de perfecţionarea unor procese tehnologice, de introducerea tehnicii noi prin mecanizări, automatizări, etc.

În economia socialistă, venitul naţional înregistrează o creştere continuă datorită sporirii şi perfecţionării neîntrerupte a producţiei, care se dezvoltă în concordanţă cu legea economică fundamentală a socialismului şi cu celelalte legi economice obiective care acţionează în economia socialistă.

Creşterea venitului naţional se realizează pe seama a doi factori : prin creşterea productivităţii muncii sociale şi prin sporirea numărului muncitorilor din producţie. Productivitatea muncii în socialism, care constituie sursa principală a sporului venitului naţional, creşte prin realizarea de noi obiective industriale care ţin seama de tehnica nouă, prin îmbunătăţirea proceselor tehnologice, a calificării cadrelor etc.

Rezultă de aici că creşterea venitului naţional este legată nemijlocit de sporul de productivitate a muncii, datorată în mare măsură noilor investiţii, şi de reducerea corespunzătoare a cheltuielilor de muncă socială pe unitate de produs. Eficacitatea economică a unei investiţii va trebui deci examinată, ţinîndu-se seama de contribuţia ei sub toate aspectele la creşterea venitului naţional.

Această contribuţie va trebui să ţină seama de influenţa asupra economiei naţionale a realizării eşalonate în timp a investiţiilor (termenele de punere la dispoziţie a fondurilor de investiţii în perioada de construcţie) precum şi de efectul economic al punerilor în funcţiune parţiale şi totale asupra venitului naţional.

Mărimea efortului de investiţii, iniţial şi final, precum şi eşalonarea acestuia în timp au un rol important pentru raportul dintre acumulare şi consum în cadrul distribuirii venitului naţional.

În metodele de calcul tehnico-economice folosite pînă în prezent, nu se ţine seama de influenţa factorului timp în eşalonarea investiţiilor, de punerile în funcţiune parţiale precum şi de variaţia în timp a cheltuielilor anuale.

În cele ce urmează, se examinează această problemă, sub aspectele ei economice, în ramura energetică.

Investiţia se exprimă în calculele tehnico-economice prin valoarea ei bănească. Pentru

caracterizarea ei corectă mai este necesară precizarea anului de realizare a investiției sau a perioadei de realizare și eșalonare în timp.

Din punct de vedere al dinamicii venitului național nu este indiferent faptul că pentru aceeași producție, investițiile se fac mai devreme sau mai tîrziu, sau cu eșalonări diferite în timp, rezultînd în general mai avantajoase din acest punct de vedere obiectivele care se pot realiza într-un termen mai scurt. Pe de altă parte și realizarea unor obiective într-un termen mai lung, obiective rentabile cu preț de cost mic și durată mare de existență, poate să apară justificată din punct de vedere al eficacității economice.

O importanță deosebită în determinarea eficacității economice a investițiilor o are deci factorul timp.

De asemenea, în cadrul investițiilor trebuie să se țină seama, acolo unde este cazul, de imobilizările care se fac în mijloacele circulante (de rulment), necesare exploatării în soluțiile respective.

În „Metodologia tip pentru determinarea eficacității economice a investițiilor și a tehnicii noi în economia națională a U.R.S.S." elaborată de Academia de Științe a U.R.S.S. în acest an, se definește „coeficientul de eficacitate generală (absolută)" prin „raportul în prețuri comparabile dintre creșterea venitului net și investițiile pe baza cărora s-a obținut această creștere". În materialul citat se precizează că acești coeficienți se stabilesc pe ramuri ținînd seama de particularitățile acestora, de structura fondurilor și de progresul tehnic în aceste ramuri în țară și străinătate. Pentru U.R.S.S. se stabilește ca acești coeficienți să aibă în general valori cuprinse între 0,15—0,30 iar pentru ramura energetică se propune ca valoarea minimă a acestui coeficient să fie 0,10. Prin acestea nu se exclude însă realizarea acelor obiective care, deși prezintă o eficacitate mai mică, se pot justifica pe baza altor considerente (îmbunătățirea condițiilor de muncă, protecția muncii, etc).

În țara noastră valorile acestor coeficienți pentru diversele ramuri este necesar să fie stabilite de forurile de planificare și coordonare a economiei naționale.

Pînă la stabilirea valorii coeficientului normă pentru ramura energetică în condițiile din R.P.R. se propune luarea în considerare a valorii de 0,125, valoare des întîlnită în lucrările de specialitate publicate în U.R.S.S.

În examinarea comparativă din punct de vedere al eficacității economice a diferitelor soluții, mai intervin pe lîngă investiții cu eșalonarea acestora în timp și cheltuielile anuale respective. Aceste cheltuieli anuale se referă la profilul final al obiectivului examinat. În acele cazuri în care există puneri în funcțiune parțiale, este necesar să se introducă în calcul și cheltuielile anuale din anii intermediari.

Cheltuielile anuale nu dau însă o imagine completă asupra eficienței economice deoarece acestea nu cuprind munca pentru societate. În compararea diferitelor soluț i trebuie să se țină seama și de repercusiunile economice determinate de punerile în funcțiune parțiale și finale la termenele respective. Acest efect se reflectă prin realizarea unui venit net, care diferă anual și pe perioada examinată în soluțiile care se compară și care mărește într-o măsură mai mare sau mai mică fondul de acumulare al venitului național, ajutînd astfel economia națională în rezolvarea sarcinilor sale privind reproducția socialistă.

Se precizează că toate soluțiile luate în considerare spre comparare, trebuie să asigure satisfacerea aceleiași necesități și deci ele trebuie să fie echivalente. În acest scop soluțiile privind ramura energetică se vor echivala, din punct de vedere al puterii, energiei electrice și căldurii livrate, ținînd seama și de investițiile în ramurile conjugate — extracția și transportul combustibilului.

Criteriul de comparare tehnico-economică a diferitelor soluții

Ținînd seama de elementele care intervin în stabilirea economicității soluțiilor de lucrări energetice, se propune drept criteriu de comparare tehnico-economică a acestora cheltuielile anuale de calcul.

Cheltuielile de calcul trebuie să oglindească o reală situație economică în exploatarea lucrării energetice respective la data cînd investițiile în toate soluțiile care se compară sînt realizate integral și de la care dată cheltuielile anuale nu mai suferă modificări importante. La această dată, care reprezintă anul de raportare, trebuie să se refere, ținîndu-se seama de influența factorului timp și de coeficientul normat de eficacitate, investițiile și avantajele economice ale intrărilor în funcțiune totale și parțiale ale obiectivelor din soluțiile care se compară.

În aceste condiții, valoarea investițiilor totale nu va mai fi o simplă însumare a investițiilor din fiecare an, așa cum rezultă din eșalonarea acestora, ci suma lor va avea o valoare mai mare datorită aplicării coeficientului normat de eficacitate economică, ținînd seamă de eșalonarea volumului investițiilor între anul începerii lucrării și anul de raportare.

Efectul economic al intrărilor în funcțiune totale și parțiale — care este dat de diferența între valoarea producției și a cheltuielilor anuale necesare realizării ei — de asemenea trebuie să fie referit la anul de raportare, la fel ca și investițiile. Acesta reduce în mod corespunzător cheltuielile necesare pentru realizarea integrală a lucrărilor respective și va trebui deci să apară

ca atare în stabilirea cheltuielilor anuale de calcul.

Potrivit celor de mai sus, dacă se consideră cazul general de comparare tehnico-economică a unui număr de soluții în vederea rezolvării aceleiași situații energetice, soluții care pot diferi ca cheltuieli anuale (în final și în etapele intermediare) și ca investiții (pe total și ca eșalonare în timp) putînd avea și termene de punere în funcțiune parțiale și finale diferite, cheltuielile anuale de calcul (Z) pentru o soluție (s) soluțiile comparate fiind aduse la echivalență se exprimă prin formula generală:

$$Z^{(s)} = C^{(s)} + p\left[\sum_{1}^{n^{(s)}-r^{(s)}} I^{(s)}_{r^{(s)}+i}(1+p)^{q-r^{(s)}-i} + \right.$$

$$\left. + I_q^{(s),E} - \sum_{1}^{q-l^{(s)}} (V-C)^{(s)}_{l^{(s)}+i}\,(1+p)^{q-l^{(s)}-i}\right]$$

în care:

$Z^{(s)}$ — cheltuiala anuală de calcul pentru soluția (s) considerată (lei/an);

$C^{(s)}$ — cheltuiala anuală la profilul final pentru soluția (s) (lei/an). În această cheltuială trebuie cuprinsă și valoarea energiei electrice și căldurii suplimentare datorită echivalării pentru diferitele soluții considerate;

p — coeficientul normat de eficacitate pentru ramura energetică (an^{1-});

$I_{r^{(s)}+i}$ — investiția din anul $r^{(s)}+i$ pentru soluția (s) (lei). Aceasta cuprinde atît investițiile pentru lucrarea energetică propriu zisă cît și investițiile corespunzătoare în ramurile adiacente (extracție și transport de combustibil) care de asemenea vor avea o eșalonare pînă la data terminării lucrărilor în soluția respectivă;

$I_q^{(s),E}$ — investițiile necesare pentru echivalarea puterii, căldurii, precum și investițiile adiacente corespunzătoare producerii și suplimentului de energie electrică și căldurii rezultate din echivalare (lei); fie pe categorii de combustibil.

$(V-C)^{(s)}_{l^{(s)}+i}$ — venitul net în soluția (s) pentru fiecare din anii următori anului de punere în funcțiune, care se consideră la sfîrșitul anului $l^{(s)}$ (lei); Cheltuielile anuale de exploatare (C) cuprind amortismentul, consumul de materii prime și combustibil, salarii, Cheltuieli generale etc. inclusiv consumul tehnologic în centralele și rețelele respective;

q — numărul de ani măsurat de la începerea lucrărilor în soluția care începe cel mai devreme și anul profilului final al soluției cu termenul cel mai lung de execuție (anul de raportare al investițiilor și cheltuielilor anuale);
ca *an de raportare* se va lua anul în care diversele soluții pot fi aduse la situații comparabile; investițiile fiind realizate integral în toate soluțiile iar cheltuielile anuale după acest an, pe toată durata de exploatare, nemaisuferind modificări importante;

$r^{(s)}$ — numărul de ani, măsurat de la începerea lucrărilor în soluția care începe cel mai devreme pînă la anul începerii lucrărilor în soluția (s) considerată;

$n^{(s)}$ — numărul de ani măsurat de la începerea lucrărilor în soluția care începe cel mai devreme pînă la terminarea lucrărilor în soluția (s) considerată;

$l^{(s)}$ — numărul de ani măsurat de la începerea lucrărilor în soluția care începe cel mai devreme, pînă la punerea în funcțiune parțială în soluția (s) considerată.

În fig. 1 sînt prezentate grafic elementele de mai sus.

Se menționează că în cheltuielile anuale, prețul combustibilului trebuie să apară ca preț de cost întrucît investițiile pentru deschiderile de mine au fost cuprinse în investițiile totale; deasemenea se propune ca energia electrică și căldura pentru echivalare să fie calculate cu prețul de cost mediu pe țară, după caz fie cu o valoare unică.

Soluția optimă din punct de vedere al calculului tehnico-economic este aceea care prezintă cheltuieli anuale de calcul minime.

Expresia propusă pentru cheltuielile anuale de calcul prezintă față de altele preconizate de diverși autori o sintetizare într-o formulă generală a tuturor elementelor care intervin în stabilirea economicității unei soluții. Această formulă este valabilă în mod unitar pentru toate cazurile din practica curentă în ramura energetică. Ea cuprinde pe lîngă elementele care au fost introduse cu aceleași efecte economice de Vaag și Zaharov în recenta lor lucrare privind modul de luare în considerare a investițiilor și a cheltuielilor anuale în compararea diverselor soluții energetice și o serie de alte elemente referitoare la caracterizarea și compararea soluțiilor. Formula

generală prezentată în materialul de față aplicată în cazuri particulare suferă simplificări care nu-i schimbă esența și poate fi aplicată de la

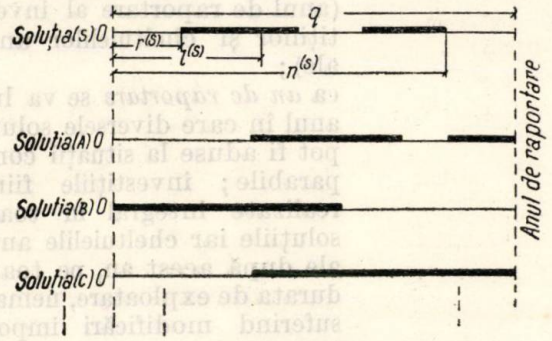


Fig. 1.

cazul complex la cazul cel mai simplu; autorii de mai sus introduc pentru anumite cazuri formule deosebite. În articolul citat, se examinează soluțiile care pot fi realizate de la început pentru profilul final sau cu instalații corespunzătoare unei eșalonări în timp, pentru care autorii propun o formulă de calcul, a cărei deducție nu este suficient justificată și care nu rezultă dintr-o poziție unitară și consecventă de examinare economică a problemei.

Cazurile care se întîlnesc în general în practică sînt mai puțin complexe. În cele ce urmează se prezintă cîteva cazuri caracteristice, comparația făcîndu-se pentru simplificare între două variante.

Cazul I — Lucrările se execută și se pun în funcțiune într-un singur și același an (fig. 2). Indicii din formula generală au valorile de mai jos:

Soluția (A) $q=1$; $r^{(A)}=0$; $n^{(A)}=1$; $l^{(A)}=1$

Soluția (B) $q=1$; $r^{(B)}=0$; $n^{(B)}=1$; $l^{(B)}=1$.

În acest caz cheltuielile anuale de căldură vor fi:

$$Z^{(A)} = C^{(A)} + p\,I^{(A)}$$

$$Z^{(B)} = C^{(B)} + p\,I^{(B)}$$

Expresia cheltuielilor de calcul reprezintă un fapt pentru acest caz particular, formula de calcul a metodei termenului de recuperare, care constă în raportarea surplusului de investiții între două soluții care se compară, la economia de cheltuieli anuale.

Termenul de recuperare este dat de formula

$$t = -\frac{I^{(A)} - I^{(B)}}{C^{(A)} - C^{(B)}} \text{ (an)}$$

și valoarea rezultată se compară cu termenul normat de recuperare (t_n) pentru care s-au folosit curent valori cuprinse între 8—10 ani.

Pentru ca soluția (B) să fie economică, este necesar ca $t < t_n$, iar ca soluția (A) să fie mai economică este necesar ca $t > t_n$; dacă $t = t_n$

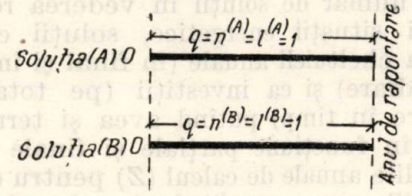


Fig. 2.

soluțiile (A) și (B) sînt echivalente. Formula termenului de recuperare de mai sus poate fi exprimată sub forma:

$$C^{(A)} + \frac{1}{t_n} \cdot I^{(A)} \leqslant C^{(B)} + \frac{1}{t_n} \cdot I^{(B)}$$

în care $\frac{1}{t_n} = p$ reprezintă coeficientul normat de eficacitate economică.

Soluția cea mai economică din expresia

$$C^{(A)} + p\,I^{(A)} \leqslant C^{(B)} + p\,I^{(B)}$$

va fi cea în care $Z = C + pI$ are valoarea cea mai mică.

Această expresie reprezintă tocmai cheltuielile de calcul, deduse din formula generală pentru acest caz care este cel mai simplu, deoarece atît investițiile cît și punerea în funcțiune la profilul final — pentru toate soluțiile care se compară — se realizează într-un singur și același an.

Exemplu de calcul. Se compară două soluții de centrale Diesel electrice care se realizează și se pun în funcțiune în același an.

În soluția A investițiile totale echivalate sînt de 6 mil. lei și cheltuielile anuale 0,9 mil. lei/an.

În soluția B investițiile totale echivalate sînt de 7 mil. lei și cheltuielile anuale 0,7 mil. lei/an.

Cheltuielile anuale de calcul vor fi:

$$Z^{(A)} = 0{,}9 + 0{,}126 \cdot 6 = 1{,}65 \text{ mil. lei/an.}$$

$$Z^{(B)} = 0{,}7 + 0{,}125 \cdot 7 = 1{,}58 \text{ mil. lei/an.}$$

Rezultă mai economică deci soluția B, cu investiția mai mare și cheltuieli anuale mai mici.

Cazul II. Lucrările se execută eșalonate în timp, cu același termen final de punere în funcțiune. Repartiția investițiilor pe ani este diferită.

Ipoteza A. Nu apar puneri în funcțiune parțiale (fig. 3).

Indicii din formula generală au valorile de mai jos:

Soluția (A): $n^{(A)} = l^{(A)} = q$

Soluția (B): $r^{(B)} = 0 n^{(B)} = l^{(B)} = q$

Cheltuielile anuale de calcul, vor fi :

$$Z^{(A)} = C^{(A)} + p\left[\sum_{1}^{q-r^{(A)}} I^{(A)}_{r^{(A)}+i}\,(1+p)^{q-r^{(A)}-i} + I_q^{(A),E}\right];$$

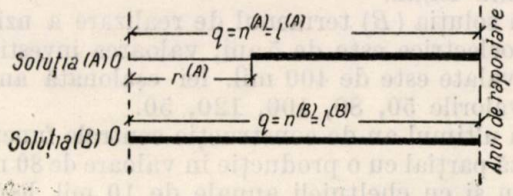


Fig. 3.

$$Z^{(B)} = C^{(B)} + p\left[\sum_{1}^{q} I_i^{(B)}\,(1+p)^{q-i} + I_q^{(B),E}\right].$$

I p o t e z a *B*. Apar puneri în funcțiune parțiale (fig. 4).

Indicii din formula generală au valorile de mai jos :

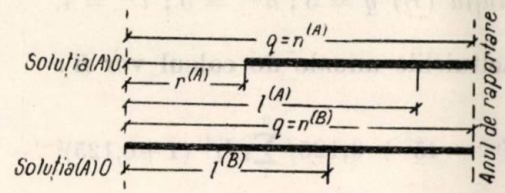


Fig. 4.

Soluția (*A*) : $n^{(A)} = q$;

Soluția (*B*) : $r^{(B)} = C$; $n^{(B)} = q$

Cheltuielile anuale de calcul vor fi :

$$Z^{(A)} = C^{(A)} + p\left[\sum_{1}^{q-r^{(A)}} I^{(A)}_{r^{(A)}+i}\,(1+p)^{q-r^{(A)}-i} + I_q^{(A),E} - \sum_{1}^{q-l^{(A)}} (V-C)^{(A)}_{l^{(A)}+i}\,(1+p)^{q-l^{(A)}-i}\right];$$

$$Z^{(B)} = C^{(B)} + p\left[\sum_{1}^{q} I_i^{(B)}\,(1+p)^{q-i} + I_q^{(B),E} - \sum_{1}^{q-l^{(B)}} (V-C)^{(B)}_{l^{(B)}+i}\,(1+p)^{q-l^{(B)}-i}\right].$$

E x e m p l u d e c a l c u l. Se compară două soluții de realizare a unei uzini hidroelectrice care produce la profilul final aceeași cantitate de energie electrică în valoare de 200 mil. lei/an.

În soluția (A) termenul de realizare a uzinei este de 3 ani, valoarea investiției după deviz este de 1200 mil. lei eșalonată anual cu valorile 300 ; 400 ; 500 mil. lei. Începerea construcției se face după un an de la începerea UHE din soluția (*B*) cu care se compară. Totalul cheltuielilor anuale echivalente pentru profilul final este de 30 mil. lei/an.

În soluția (*B*) termenul de realizare a uzinei este de 4 ani, valoarea instalației după deviz este de 1 000 mil. lei eșalonată anual cu valorile 200 ; 300 ; 200 mil. lei. Totalul cheltuielilor anuale echivalente pentru profilul final este de 40 mil. lei/an.

În ambele soluții în ultimul an de construcție, uzina intră parțial în funcțiune producînd energie electrică în valoare de 100 mil. lei/an cu cheltuieli anuale de 15 mil./an în soluția (*A*), respectiv 20 mil. lei/an în soluție (*B*).

Indicii din formula cheltuielilor anuale de calcul vor fi :

În soluția (*A*) :

$$q = 4\,;\ r^{(A)} = 1\,;\ l^{(A)} = 3\,;$$

În soluția (*B*) :

$$q = 4\,;\ r^{(B)} = 0\,;\ l^{(B)} = 3,$$

Cheltuielile anuale de calcul vor fi :

$$Z^{A} = 30 + 0{,}125/\sum_{1}^{4-1} I^{(A)}_{1+i}\,(1+0{,}125)^{4-1-i} - \sum_{1}^{4-3} (V-C)^{(A)}_{3+i}\,(1+0{,}125)^{4-3-i}$$

$$Z^{B} = 40 + 0{,}125/\sum_{1}^{4} I_i^{(B)}\,(1+0{,}125)^{4-i} - \sum_{1}^{4-3} (V-C)^{(B)}_{3+i}\,(1+0{,}125)^{4-3-i}$$

de unde,

$$Z^{(A)} = 30 + 1{,}25/300\ (1+0{,}125)^2 + 400\,(1+0{,}125) + 500 - (100-15)/ = 186 \text{ mil. lei/an.}$$

$$Z^{(B)} = 40 + 0{,}125/-200\,(1+0{,}125)^3 + 300\,(1+0{,}125)^3 + 300\,(1+0{,}125) + 200 - (100-20)/ = 181 \text{ mil. lei/an.}$$

Cazul III. *Lucrările se execută eșalonate în timp, cu aceeași dată de începere a lucrărilor, termenul final de punere în funcțiune fiind însă diferit.*

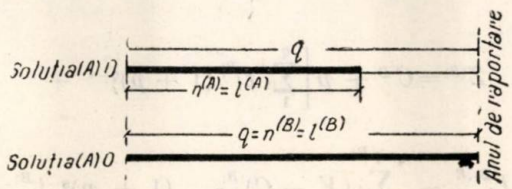


Fig. 5.

I p o t e z a *A*. Nu apar puneri în funcțiune parțiale (fig. 5).

Indicii din formula generală au valorile de mai jos :

Soluția (*A*) :

$$r^{(A)} = 0\,;\ n^{(A)} = l^{(A)} < q$$

Soluția (*B*) :

$$r^{(B)} = 0\,;\ n^{(B)} = q\,;\ q = l^{(B)}.$$

Cheltuielile anuale de calcul vor fi

$$Z^{(A)} = C^{(A)} + p\left[\sum_1^{n^{(A)}} {}_i I_i^{(A)} (1+p)^{q-i} + I_q^{(A),E} - \sum_1^{q-n^{(A)}} {}_i (V-C)^{(A)}_{n^{(A)}+i} (1+p)^{q-n^A-i}\right];$$

$$Z^{(B)} = C^{(B)} + p\left[\sum_1^{q} {}_i (1+p)^{q-i} + I_q^{(B),E}\right]$$

I p o t e z a *B*. Apar puneri în funcţiune parţiale (fig. 6).

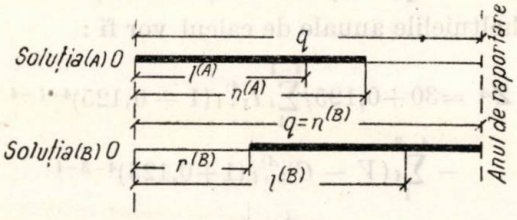


Fig. 6.

Indicii din formula generală au valorile de mai jos :

Soluţia (*A*) : $r^{(A)} = 0$; $l^{(A)} < n^{(A} < q$

Soluţia (*B*) : $r^{(B)} = 0$; $n^{(B)} = q > l^{B)}$

Cheltuielile anuale teoretice de calcul vor fi :

$$Z^{(A)} = C^{(A)} + p\left[\sum_1^{n^{(A)}} {}_i I_i^{(A)} (1+p)^{q-i} + I_q^{A),E} - \sum_1^{q-l^{(A)}} {}_i (V-C)^{(A)}_{l^{(A)}+i} (1+p)^{q-l^{(A)}-i}\right];$$

$$Z^{(B)} = C^{B)} + p\left[\sum_1^{q} {}_i I_i^{B)} (1+p)^{q-i} + I_q^{(B),E} - \sum_1^{q-l^{(B)}} {}_i (V-C)^{(B)}_{l^{B)}+i} (1+p)^{q-l^{B)}-i}\right].$$

E x e m p l u d e c a l c u l. Se compară două centrale electrice (termo şi hidro-electrice) care produc la profilul final aceeaşi cantitate de energie electrică (direct sau prin echivalare) în valoare de 200 mil. lei/an.

În soluţia (*A*) termenul de realizare a centralei termoelectrice este de 3 ani, valoarea investiţiei echivalate fiind de 250 mil. lei eşalonată anual cu valorile 50,100 şi 100 mil. lei. În ultimul an de construcţie centrala funcţionează parţial cu o producţie în valoare de 60 mil. lei/an şi cu cheltuieli anuale de 20 mil. lei/an.

Cheltuielile anuale pentru profilul final sînt 45 mil. lei/an.

În soluţia (*B*) termenul de realizare a uzinei hidroelectrice este de 5 ani, valoarea investiţiei echivalate este de 400 mil. lei eşalonată anual cu valorile 50, 80, 100, 120, 50.

În ultimul an de construcţie centrala funcţionează parţial cu o producţie în valoare de 80 mil. lei/an şi cu cheltuieli anuale de 10 mil. lei/an. Cheltuielile anuale pentru profilul final sînt 24 mil. lei/an.

În ambele soluţii începerea construcţiei are loc în acelaşi an.

Indicii din formula cheltuielilor anuale de calcul vor fi :

Soluţia (*A*) $q = 5$; $n^{(A)} = 3$; $l^{(A)} = 2$;

Soluţia (*B*) $q = 5$; $n^{(B)} = 5$; $l^{B)} = 4$.

Cheltuielile anuale de calcul vor fi :

$$Z^{(A)} = 45 + 0{,}125/\sum_1^3 {}_i I_i^{(A)} (1+0{,}125)^{5-i} - \sum_1^{5-2} {}_i (V-C)^{(A)} (1+0{,}125)^{5-2-i}$$

$$Z^{(B)} = 24 + 0{,}125/\sum_1^5 {}_i I_i^{B)} (1+0{,}125)^{5-i} - \sum_1^{5-2} {}_i (V-C)^{(B)} (1+0{,}125)^{5-4-i}$$

de unde :

$$Z^{(A)} = 45 + 0{,}125/50\,(1+0{,}125)^4 + 100\,(1+0{,}125)^3 + 100\,(1+0{,}125)^2 - (80-20)\,(1+0{,}125)^2 - (80-20)\,(1+0{,}125) - (80-20)/ =$$

63 mil. lei/an.

$$Z^{(B)} = 24 + 0{,}125/50\,(1+0{,}125)^4 + 80\,(1+0{,}125)^3 + 100\,(1+0{,}125)^2 + 120\,(1+0{,}125) + 50 - (80-10)/ = 78 \text{ mil. lei/an.}$$

Din comparaţie rezultă mai economică soluţia (*A*).

Dacă s-ar fi aplicat criteriul termenelor de recuperare (Cazul *I*) fără a ţine seama de eşalonarea în timp a investiţiilor şi de punerea

parțială în funcțiune ar apărea mai avantajoasă soluția (B).

Cazul IV. *Lucrările se execută eșalonate în timp, cu începerea lucrărilor la date diferite și termene de punere în funcțiune diferite.*

Ipoteza A: Nu apar puneri în funcțiune parțiale (fig. 7).

Indicii din formula generală au valorile de mai jos:

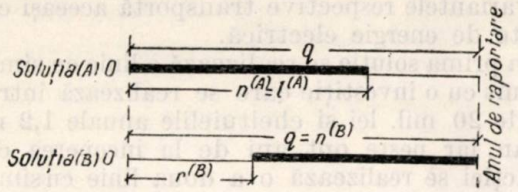


Fig. 7.

Soluția (A): $r^{(A)} = 0$; $l^{(A)} = n^{(A)} < q$;

Soluția (B): $n^{(B)} = l^{(B)} = q$.

Cheltuielile anuale de calcul vor fi:

$$Z^{(A)} = C^{(A)} + p\left[\sum_1^{n^{(A)}} {}_i\, I_i^{(A)} (1+p)^{q-i} + I_q^{(A),E} - \sum_1^{q-n^{(A)}} {}_i\, (V-C)^{(A)}_{n^{(A)}+i} (1+p)^{q-n^{(A)}-i}\right];$$

$$Z^{(B)} = C^{(B)} + p\left[\sum_1^{q-r^{(B)}} {}_i\, I^{(B)}_{r^{(B)}+i} (1+p)^{q-r^{(B)}-i} + I_q^{(B),E}\right].$$

Ipoteza B. — Apar puneri în funcțiune parțiale (fig. 8).

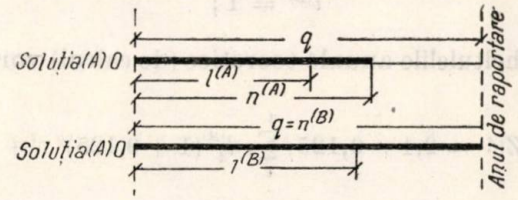


Fig. 8.

Indicii din formula generală au valorile de mai jos:

Soluția (A): $r^{(A)} = 0$; $l^{(A)} < n^{(A)} < q$

Soluția (B): $n^{(B)} = q$; $l^{(B)} < q$

Cheltuielile anuale de calcul vor fi

$$Z^{(A)} = C^{(A)} + p\left[\sum_1^{n'^{(A)}} {}_i\, I_i^{'(A)} (1+p)^{q-i} + I_q^{'(A),E} - \sum_1^{q-l'^{(A)}} {}_i\, (V-C)^{(A)}_{l^{(A)}+i} (1+p)^{q-l'^{(A)}-i}\right];$$

$$Z^{(B)} = C^{(B)} + p\left[\sum_1^{q-r'^{(B)}} {}_i\, I^{(B)}_{r^{(B)}+i} (1+p)^{q-r'^{(B)}-i} + I_q^{'B,E} - \sum_1^{q-l'^{(B)}} {}_i\, (V-C)^{(B)}_{l^{(B)}+i} (1+p)^{q-l^{(B)}-i}\right].$$

Exemplu de calcul. Se compară două soluții de realizare a unei centrale termoelectrice care produce la profilul final o aceeași cantitate de energie electrică în valoare de 720 mil. lei/an.

În soluția (A), termenul de realizare a centralei este 4 ani, valoarea investiției echivalate fiind de 930 mil. lei eșalonată anual cu valorile 100; 300; 300; 230 mil. lei în al treilea an; de la începerea lucrărilor centrala funcționează parțial și produce energie electrică în valoare de 240 mil. lei/an cu cheltuielile anuale de 65 mil. lei/an; în anul al patrulea centrala va produce o energie în valoare de 480 mil. lei/an cu cheltuieli anuale de 125 mil. lei/an.

Cheltuielile anuale pentru profilul final sînt de 180 mil. lei/an.

În soluția (B) termenul de realizare a investiției este de trei ani și valoarea investiției echivalate este de 840 mil. lei, eșalonată cu valorile 250; 340 și 250 mil. lei.

Începerea lucrărilor pentru această soluție se face cu doi ani mai tîrziu decît în soluția (A). După doi ani de la începerea lucrărilor centrala intră parțial în funcțiune producînd o energie electrică în valoare de 280 mil. lei/an cu cheltuielile anuale de 70 mil. lei/an.

Cheltuielile anuale pentru profilul final sînt de 155 mil. lei/an.

Indicii din formula cheltuielilor anuale de calcul vor fi:

În soluția (A):

$$q = 5;\ n^{(A)} = 4;\ l^{(A)} = 2$$

În soluția (B):

$$q = 5;\ r^{(B)} = 2;\ n^{(B)} = 5;\ l^{(B)} = 4$$

Cheltuielile anuale de calcul vor fi:

$$Z^{(A)} = 180 + 0{,}125\left[\sum_1^4 {}_i\, I^{(A)}_{1+i} (1+0{,}125)^{5-i} - \sum_1^{5-2} {}_i\, (V-C)^{(A)}_{2+i} (1+0{,}125)^{5-2-i}\right]$$

$$Z^{(B)} = 155 + 0{,}125/\sum_1^{5-2} {}_i\, I^{(A)}_{2+i} (1+0{,}125)^{5-2-1} - \sum_1^{5-4} {}_i\, (V-C)^{(B)}_{4+i} (1+0{,}125)^{5-4-i}$$

de unde :

$$Z^{(A)} = 180 + 0{,}125/(100\,(1+0{,}125)^4 + 300\,(1+ + 0{,}125)^3 + 300\,(1+0{,}125)^2 + 230\,(1+0{,}125) - - (240-65)\,(1+0{,}125)^2 - (480-125)\,(1+ + 0{,}125) - (480-125)/ = 211 \text{ mil. lei/an.}$$

$$Z^{(B)} = 155 + 0{,}125\,(250\,(1+0{,}125)^3 + 340\,(1+ + 0{,}125) + 250\,(280-70)/ = 247 \text{ mi. lei/an.}$$

Rezultă mai economică soluția (A) deși prezintă investiții și cheltuieli anuale mai mari decît soluția (B).

Cazul V. *Se realizează obiective care într-o primă etapă (de mai mulți ani) apar cu un anumit profil.* Într-o etapă următoare capaci-

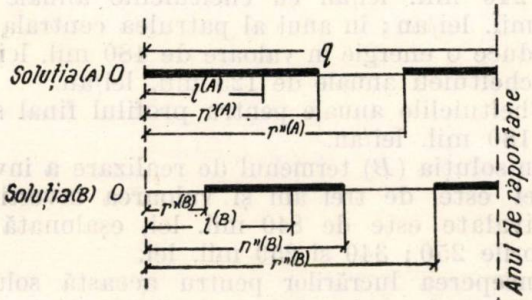


Fig. 9.

tatea de producție a obiectivului se mărește realizîndu-se în acest scop lucrările respective necesare.

Este necesar să se stabilească soluția cea mai economică de realizare a obiectului respectiv (fig. 9).

Indicii din formula generală au valorile de mai jos :

Soluția (A) : $r^{(A)} = 0$

Soluția (B) : $r^{(B)} < l^{(B)} = n^{(B)}$

Cheltuielile anuale teoretice (de calcul) vor fi :

$$Z^{(A)} = C^{(A)} + p\left[\sum_1^{n''^{(A)}} {}_i I_i^{(A)}\,(1+p)^{q-1} + + \sum_1^{q-r''^{(A)}} {}_i\, I_{r''^{(A)}+i}\,(1+p)^{q-r''^{(A)}-i} + I_q^{(A),E}\right] - - p\left[\sum_1^{q-l^{(A)}} {}_i\,(V-C)^{(A)}_{l^{(A)}+i}\,(1+p)^{q-l^{(A)}-i}\right];$$

$$Z^{(B)} = C^{(B)} + p\left[\sum_1^{n'^{(B)}-r''^{(B)}} {}_i\, I^{(B)}_{r''^{(B)}+i}\,(1+p)^{q-r'^{(B)}-i} + + \sum_1^{q-r''^{(B)}} {}_i\, I^{(B)}_{r''^{(B)}+i}\,(1+p)^{q-r''^{(B)}-i} + I_q^{(B),E}\right] - - p\left[\sum_1^{q-l^{(B)}} {}_i\,(V-C)^{(B)}_{l^{(B)}+i}\,(1+p)^{q-l^{(B)}-i}\right].$$

Exemplu de calcul. Se compară două soluții de realizare a unor linii electrice de transport care în prima etapă și etapa finală în variantele respective transportă aceeași cantitate de energie electrică.

În prima soluție se realizează o linie cu simplu circuit cu o investiție care se realizează într-un an de 20 mil. lei și cheltuielile anuale 1,2 mil. lei/an, iar peste opt ani de la începerea construcției se realizează o a doua linie cu simplu circuit cu investiția de 20 mil. lei, tot realizată într-un an. Cheltuielile anuale totale la profilul final sînt de 1,4 mil. lei/an.

În a doua soluție se realizează o linie cu dublu circuit echipată cu un simplu circuit cu o investiție de 25 mil. lei care se realizează într-un singur an cu cheltuieli anuale de 1,4 mil. lei/an, iar peste opt ani se echipează al doilea circuit cu o investiție de 10 mil. lei tot realizată într-un singur an.

Cheltuielile anuale totale la profilul final sînt sînt de 2,0 mil. lei/an.

Indicii din formula cheltuielilor anuale teoretice de calcul vor fi :

În soluția (A) : $q = 9$; $r'^{(A)} = 0$; $r''^{(A)} = 8$; $n'^{(A)} = 1$; $l^{(A)} = 1$;

În soluția (B) : $q = 9$; $r'^{(B)} = 0$; $r''^{(B)} = 8$; $l^{(B)} = 1$;

Cheltuielile anuale teoretice (de calcul) vor fi :

$$Z^{(A)} = 2{,}4 + 0{,}125/\sum_1^1 {}_i\, l_i^{(A)}(1+0{,}125)^{9-i} + + \sum_1^{9-8} {}_i\, l_{8+i}^{(A)}(1+0{,}125)^{9-8-i}/ - - 0{,}125/\sum_1^{9-1} {}_i\,(V-1{,}2)_{1+i}(1+0{,}125)^{9-1-i}/$$

$$Z^{(B)} = 2{,}0 + 0{,}125/\sum_1^1 {}_i\, I_i^{(B)}(1+0{,}125)^{9-i} - - \sum_1^{9-8} {}_i\, I_{8+i}^{(B)}(1+0{,}125)^{9-8-i}/ - - 0{,}125/\sum_1^{9-1} {}_i (V-1{,}4)_{1+i}(1+0{,}125)^{9-1-i}/$$

de unde :

$$Z^{(A)}=2{,}4 + 0{,}125/(20(1 + 0{,}125)^8 + 20)/ +$$

$$+ 0{,}125/(1{,}2\,(1 + 0{,}125)^7 + 1{,}2\,(1 + 0{,}125)^6 +$$

$$+1{,}2\,(1 + 0{,}125)^5 + 1{,}2\,(1 + 0{,}125)^4 +$$

$$+(1 + 0{,}125)^3 + 1{,}2\,(1 + 0{,}125)^2 +$$

$$+ 1{,}2\,(1 + 0{,}125) + 1{,}2/ - 0{,}125 \sum_1^8{}_i\, V_{1+i}\,(1+$$

$$+0{,}125)^{9-i}=13{,}4 - K \text{ mil. lei/an}$$

$$Z^{(B)} = 2{,}0 + 0{,}125/23\,(1 + 0{,}125)^8 + 10/ +$$

$$+ 0{,}125\,(1{,}4\,(1 + 0{,}125)^7 + 1{,}4\,(+0{,}125)^6 +$$

$$+1{,}4\,(1 + 0{,}125)^5 + 1{,}4\,(1 + 0{,}125)^4 +$$

$$+ 1{,}4\,(1 + 0{,}125)^3 + 1{,}4\,(1 +0{,}125)^2 +$$

$$+ 1{,}4\,(1 + 0{,}125 + 1{,}4)/ - 0{,}125 \sum_1^8{}_i\, V_{1+i}\,(1 +$$

$$+ 0{,}125)^{9-1} = 13{,}2 - K \text{ mil. lei/an.}$$

În care $0{,}125 \cdot \sum_1^8{}_i\, V_{1+i}(1 + 0{,}125)^{9-i} = K$

este aceeaşi în ambele variante.

Rezultă deci mai economică soluţia *B*.

Dacă s-ar judeca însă etapa a doua la un interval mai mare de zece ani, soluţia *A* ar fi mai economică.

*

Potrivit hotărîrilor Congresului al III-lea al P.M.R. privind planul de dezvoltare a economiei naţionale pe anii 1960—1965 şi schiţa programului economic de perspectivă, industrializarea ţării trebuie să continue într-un ritm susţinut, ceea ce necesită o creştere corespunzătoare a bazei energetice. Mărirea eficacităţii întregii economii naţionale este influenţată în mare măsură de preţul de cost al energiei electrice şi al căldurii necesare proceselor tehnologice şi de încălzire.

Pentru obţinerea unui preţ de cost al acestora cît mai coborît, este necesar ca în primul rînd investiţiile determinate de creşterea producţiei de energie electrică şi căldură, care reprezintă eforturi foarte importante, să fie realizate prin soluţiile cele mai eficiente economic, adică cu maximum de avantaje pentru economia naţională.

Stabilirea soluţiei celei mai economice pentru obiectivul energetic respectiv aşa cum se propune în formula generală de mai sus ţine seama de factorii hotărîtori pentru economia naţională şi în primul rînd de influenţa asupra creşterii venitului naţional a duratei de execuţie şi a termenelor de punere în funcţiune parţiale şi totale ale lucrării considerate.

Utilizarea acestei formule generale necesită după cum s-a arătat mai sus aducerea la echivalenţă în anul de raportare a tuturor soluţiilor luate în considerare pentru comparaţie. Echivalarea urmează să se facă din punct de vedere al puterii, energiei electrice şi căldurii livrate ţinînd seama şi de investiţiile în ramurile conjugate — extracţia şi transportul de combustibil.

Problema echivalărilor este complexă şi necesită o examinare de detaliu în vederea stabilirii unui punct de vedere unitar care urmează a fi adoptat pentru o perioadă dată în toate studiile tehnico-economice privind ramura energetică.

De asemenea, după cum s-a arătat în prezentul material, este necesară luarea unei hotărîri de către forurile competente asupra valorii coeficientului normă de eficacitate economică pentru ramura energetică, coeficient care influenţează în mare măsură economicitatea soluţiilor care se compară.

Bibliografie

[1] Gh. Gheorghiu-Dej: *Raportul C.C. al P.M.R. cu privire la activitatea partidului în perioada dintre Congresul al II-lea şi Congresul al III-lea al Partidului, cu privire la planul de dezvoltare a economiei naţionale pe anii 1960—1965 şi la schiţa programului economic de perspectivă.*

[2] *** *Metodologia tip pentru determinarea eficacităţii economice a investiţiilor şi a tehnicii noi în economia naţională a U.R.S.S.*, Gosplanizdat, Moscova 1960.

[3] * * * *Principii metodice de bază ale calculelor tehnico-economice în energetică*, Teploenerghetica 1959 nr. 8.

[4] * * * *Principii fundamentale ale calculelor tehnico-economice în energetică*, Electricestvo 1959 nr. 10.

[5] L. A. Vaag şi S. N. Zaharov: *Modul de luare în considerare la compararea variantelor de construcţii energetice, a cheltuielilor de investiţii capitale şi curente care diferă în timp*, Electricestvo 1959 nr. 10.

[6] * * * *Conferinţa unională tehnico-ştiinţifică referitoare la problemele determinării eficacităţii economice a investiţiilor capitale şi a tehnicii noi în economia naţională a U.R.S.S.*, Probleme Economice 1959, nr. 1 şi nr. 2.

[7] * * * *Problemele eficacităţii economice a investiţiilor*, Polskie Wydawnictwa Hospodarcze, Varşovia 1958.

[8] M. Mandel, Z. Szunyiogh şi J. Varga: *Metoda de calcul a eficacităţii economice a investiţiilor productive*, Közgarzdasagi Szemle, 1958, nr. 3.

Regimul termic al focarelor în diferite condiţii de funcţionare

Ing. *NICOLAE ANTONESCU*

În condiţiile reale de exploatare, regimul termic al focarelor este determinat de un număr mare de parametri, dintre care unii sînt impuşi ca : sarcina termică, calitatea combustibilului şi limita inferioară a excesului de aer, iar alţii sînt aleşi de către personalul de deservire, ca : valoarea excesului de aer, cantitatea de aer preîncălzit din cantitatea totală de aer utilizată la ardere.

Aceşti parametri de exploatare, alături de parametrii constructivi, determină regimul termic al fiecărui focar, regim termic care trebuie să fie astfel ales încît să conducă la o ardere economică a combustibilului şi la o funcţionare corectă a suprafeţelor radiante şi convective ale cazanului.

Cunoaşterea regimului termic al focarelor în diferite condiţii de exploatare este necesară pentru determinarea siguranţei circulaţiei naturale în sistemul fierbător radiant al cazanului, pentru determinarea variaţiei temperaturii aburului supraîncălzit funcţie de regimul de lucru atît pentru cazul cînd supraîncălzitorul este o suprafaţă convectivă, cît şi pentru cazul cînd el este combinat din suprafeţe radiante şi convective — şi, în sfîrşit, pentru determinarea regimului zgurilor în focar la arderea combustibililor solizi.

În proiectare, calculul focarului, pentru diverse condiţii de exploatare, necesită calcule laborioase, fiind necesară reluarea calculului pentru fiecare regim analizat. În aceste condiţii, chiar şi un număr mare de regimuri calculate, nu pot da o imagine clară asupra funcţionării cazanului în exploatare şi asupra ponderii diferiţilor parametri funcţionali în determinarea regimului termic al focarului.

În exploatare, posibilitatea găsirii regimului optim de funcţionare a focarelor printr-o metodă simplă şi rapidă nu există, stabilirea regimului de lucru făcîndu-se după experienţa personalului de deservire, adesea cu consecinţe economice şi funcţionale dezavantajoase.

În lucrarea de faţă, se încearcă găsirea unei metode simple, grafice, de determinare a regimului termic al focarelor, ţinînd seama de variaţia posibilă a tuturor factorilor funcţionali, pentru cazul cel mai complicat, dar şi cel mai frecvent, de ardere a combustibililor solizi. Ca parametri funcţionali pentru acest caz se studiază : sarcina cazanului (debitul de combustibil), excesul de aer, cantitatea de aer preîncălzit, temperatura de preîncălzire a aerului şi compoziţia combustibilului, respectiv puterea lui calorică.

1. Relaţii de calcul

Temperatura focarului se calculează după relaţiile de schimb de căldură prin radiaţie şi din bilanţul termic al focarului :

$$Q_R = C_R \psi F_R \left(\frac{T_F}{100}\right)^4 \qquad (1)$$

unde :

C_R este un produs de coeficienţi care ţin seama de combustibil, condiţii de ardere şi coeficienţi de negreală ;
ψ — factorul de formă al ecranelor ;
T_F — temperatura absolută la ieşirea din focar,

şi

$$Q_R = B\,(I_0 - I_F) \qquad (2)$$

unde :

I_0 este entalpia gazelor la temperatura teoretică de ardere (kcal/kg comb.) ;
I_F — entalpia gazelor de ardere la temperatura de ieşire din focar (kcal/kg. comb.) ;
B — debitul de combustibil (kg/h).

Relaţia dintre entalpii şi temperaturi, prezentată în calculele obişnuite prin diagrama $I-t$ a combustibilului, poate fi determinată analitic asimilînd curba $I-t$ cu o exponenţială de forma :

$$I = at^n + b \qquad (3)$$

unde a, b şi n sînt parametrii depinzînd de natura combustibilului şi de excesul de aer în gazele de ardere.

Pentru determinarea celor trei parametri, sînt necesare trei condiţii ; aceste condiţii se aleg astfel încît eroarea curbei exponenţiale faţă de curba reală $I-t$ să fie cît mai mică. Pentru calculele de focare, interesează în principal domeniul de temperaturi a gazelor de ardere dintre cca. 900° şi 2 000°, corespunzînd domeniului de temperaturi al focarului şi domeniului temperaturilor teoretice de ardere. Pe de altă parte este necesar ca precizia relaţiei să fie cît mai mare în domeniul de temperaturi 900—1 200°, relaţia folosind la determinarea temperaturii focarului.

Se aleg în consecinţă, drept condiţii de determinare a parametrilor, coincidenţa curbei şi relaţiei analitice în punctele de 1 000°C şi 2 000°C şi egalitatea coeficienţilor unghiulari ai curbei reale şi relaţiei analitice într-un punct oarecare din intervalul 900—1 000°C.

Analitic, condițiile sînt :

$$I^*_{1\,000} = a \cdot 1\,000^n + b \qquad (4)$$

$$I^*_{2\,000} = a \cdot 2\,000^n + b \qquad (5)$$

$$\frac{I^*_{1\,000} - I^*_{900}}{1\,000 - 900} = \left(\frac{dI}{dt}\right) = n \cdot a \cdot 1\,000^{n-1} \qquad (6)$$

unde s-au notat cu I^* entalpiile reale și cu I entalpiile rezultate din ecuația (3).

Din relațiile (4), (5), (6), se determină parametrii necunoscuți cu formulele :

$$a = \frac{I^*_{2\,000} - I^*_{1\,000}}{2\,000^n - 1000^n} \qquad (7)$$

$$\frac{2\,000^n - 1\,000^n}{n \cdot 1\,000^{n-1}} = 100 \frac{I^*_{2\,000} - I^*_{1\,000}}{I^*_{1\,000} - I^n_{900}} \qquad (8)$$

$$b = I^*_{1\,000} - a \cdot 1\,000^n \qquad (9)$$

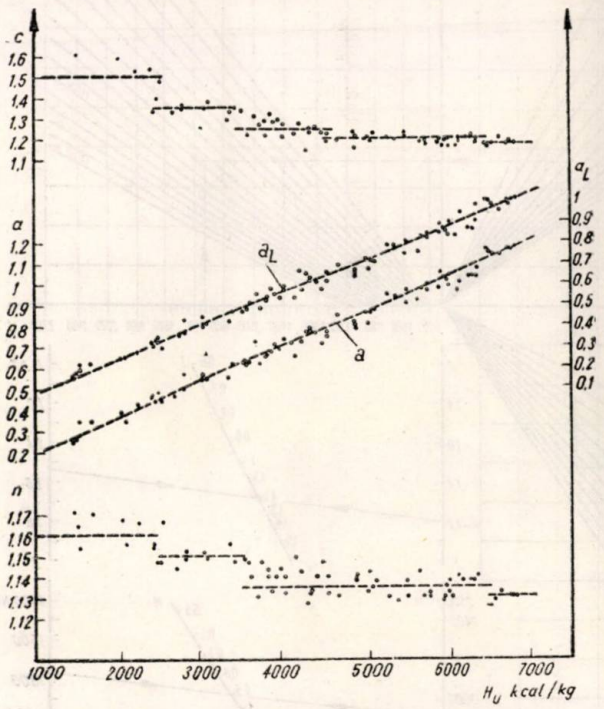


Fig. 1. Parametrii caracteristici ai combustibililor funcție de puterea lor calorică.

În tabela (1) se dau valorile expresiei ajutătoare pentru diferite valori ale parametrului n :

$$A = \frac{2\,000^n - 1\,000^n}{n \cdot 1\,000^{n-1}}$$

Pentru combustibilii solizi s-au calculat valorile pentru 78 de combustibili a căror analiză elementară, putere calorică și tabel $I-t$ sînt date în lucrarea [3] — parametrii caracteristici se aliniază cu abateri mici (fig. 1) funcție de puterea calorică H_u a combustibilului. Relațiile și valorile numerice sînt date în tabela 2.

Este de remarcat că în tabela 2, după clasele de putere calorică se încadrează și combustibilii solizi ca șisturi, mixte de cocs, mixte de cărbune de piatră, turba și lemnele de foc.

Tabela 1

n	1,10	1,11	1,12	1,13	1,14	1,15	1,16	1,17	1,18	1,19	1,20
A	1039,6	1043,7	1047,8	1052	1054,7	1060,1	1064,2	1068,7	1073	1076,5	1081,2

Explicația unei corelații suficient de precise, între puterea calorică a combustibililor solizi și parametrii ecuației $I-t$ este ușor de dat dacă

Tabela 2

H_u	1400—2500	2500—3500	3500—6500	6500—7500
a	$0{,}168 \frac{H_u}{1\,000} + 0{,}024$			
n	1,16	1,15	1,135	1,130
b	50	60		70

se are în vedere că, conform relațiilor lui Rosin și Fehling [4] volumul de gaze V_{0g} (Nm^3/kg) rezultat din arderea unui combustibil, este o funcție liniară de puterea lui calorică. În același timp, entalpia specifică a gazelor de ardere I' ($kcal/Nm^3$) este practic aceeași pentru diverse clase de combustibil. Rezultă că $I^* = V_{0g} \cdot I'$ trebuie să fie, pentru o temperatură oarecare, o funcție liniară de putere calorică a combustibilului; acest lucru în relația $I = at^n + b$ apare prin dependența liniară a coeficientului „a" de puterea calorică a combustibililor. Constanța entalpiei specifice I' la aceeași clasă de combustibili apare în relație sub forma constanței exponentului n pentru clasa respectivă.

În sfîrșit, coeficientul b reprezintă ordonata curbei la $t = 0°$. Condițiile impuse curbei au privit numai precizia în zona temperaturilor mari (1 000—2 000°C); se observă însă, și rezultă și din calculele de verificare făcute, că chiar în domeniul temperaturilor mici 300—900°C abaterea relației față de curba reală este de ordinul 2%—0,8%, ceea ce explică faptul că abaterea la punctul de 0°C este de numai $50 - 70 \frac{kcal}{kg}$.

Pentru aprecierea generalității formulei deduse, $I = at^n + b$, cu coeficienții indicați în tabela 2, s-a verificat felul în care cei 78 de combustibili calculați verifică relațiile lui Rosin și Fehling:

$$V_{0g} = f(H_u) \text{ și } V_{L\,min} = \varphi(H_u)$$

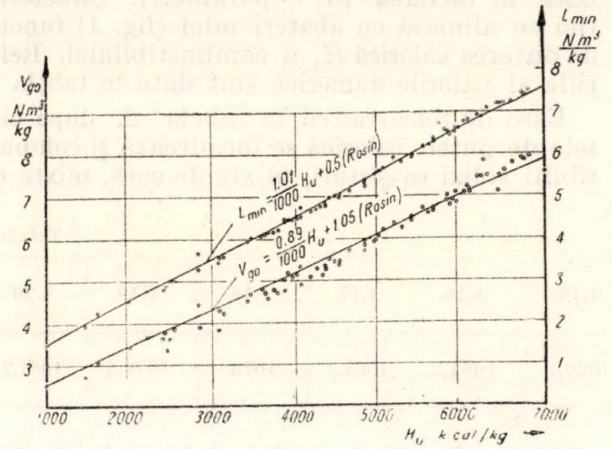


Fig. 2. Verificarea relațiilor lui Rosin și Fehling $V_g = f(H_u)$ și $L_{min} = \varphi(H_u)$ cu combustibilii studiați.

Rezultatele calculelor au arătat că relația este verificată de combustibilii de mai sus cu o precizie mare (fig. 2) ceea ce îndreptățește ipoteza că formulele analitice deduse sînt valabile pentru orice sort de combustibil solid, indiferent de bazinul din care provine.

Valorile coeficientului „a" din tabela 2 se referă la combustibilii arși cu cantitatea teoretică de aer (L_{min}). În cazul existenței unui exces de aer λ coeficientul „a" se recalculează după relația

$$a_\lambda = \frac{I^*_{2\,000\,\lambda} - I^*_{1\,000\,\lambda}}{2\,000^n - 1\,000^n} \qquad (10)$$

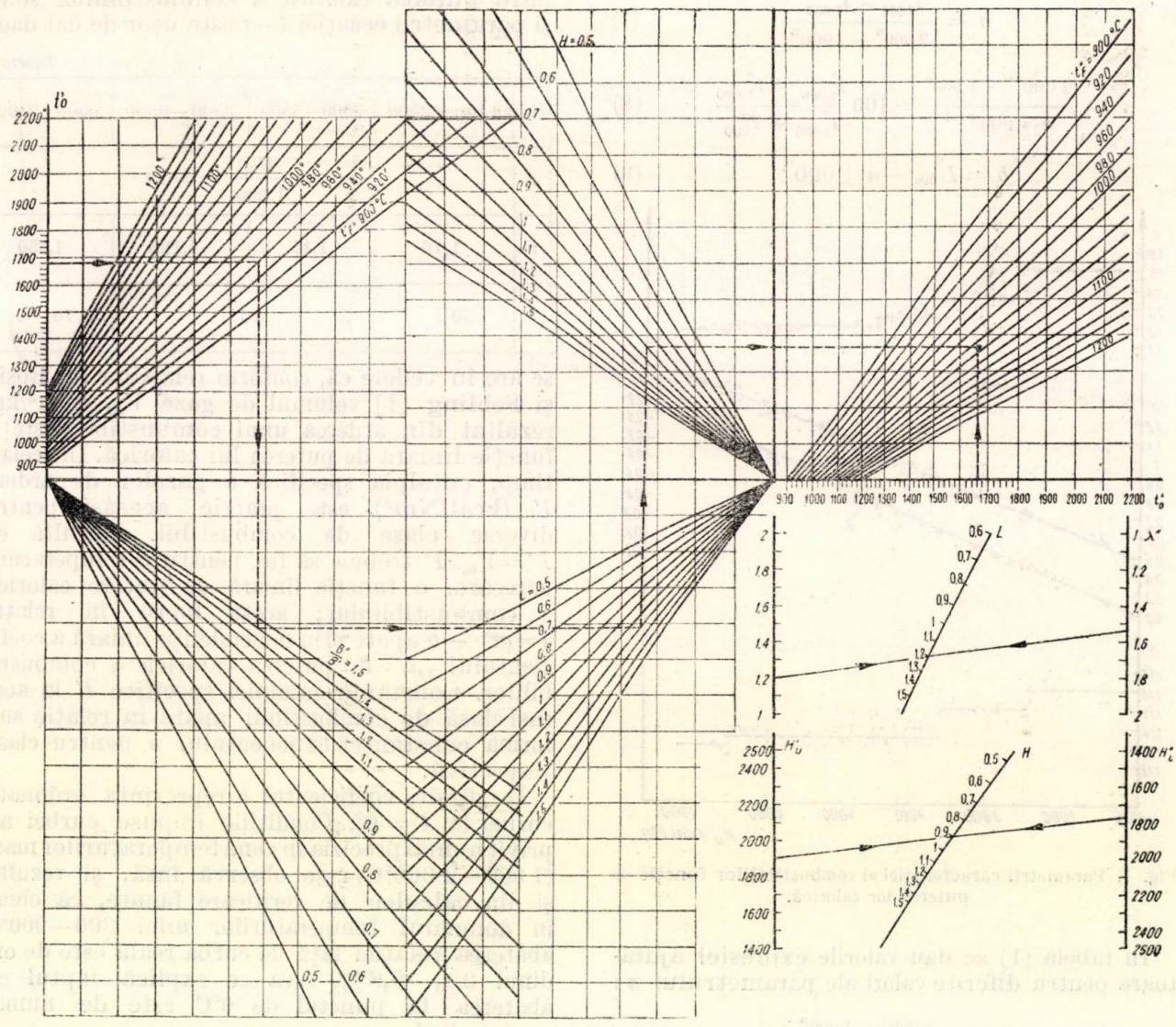


Fig. 3. Nomograma temperaturii focarului pentru combustibil solid $H_u = 1\,400 - 2\,500$ $\frac{kcal}{kg}$.

unde s-au dat indicii λ valorilor corespunzătoare ale diverselor mărimi în cazul arderii cu exces de aer λ.

Deoarece :

$$I^*_\lambda = I^* + (\lambda - 1)\, I^*_L \qquad (11)$$

unde I^*_L este entalpia aerului teoretic necesar (kcal/kg), relaţia (10) se scrie :

$$a_\lambda = \frac{I^*_{2\,000} + (\lambda - 1)\, I^*_{2\,000\,L} - I^*_{1\,000} - (\lambda - 1)\, I^*_{1\,000\,L}}{2\,000^n - 1\,000^n} \qquad (12)$$

După gruparea termenilor şi utilizarea formulei (7) se obţine relaţia

$$a_\lambda = a + (\lambda - 1)\, \frac{I^*_{2\,000\,L} - I^*_{1\,000\,L}}{2\,000^n - 1\,000^n} \qquad (13)$$

Tabela 3

H_u	1400–2500	2500–3500	3500–4500	4500–6500	6500–7000
c	1,5	1,35	1,25	1,20	1,17
a_L	$0{,}1585\,\frac{H_u}{1\,000} - 0{,}076 = 0{,}1585 \cdot 10^{-3}\,(H_u - 480)$				

Notînd expresiile :

$$\frac{I^*_{2\,000} - I^*_{1\,000}}{I^*_{2\,000\,L} - I^*_{1\,000\,L}} = c \quad \text{şi} \quad \frac{a}{c} = a_L = \frac{I^*_{2\,000\,L} - I^*_{1\,000\,L}}{2\,000^n - 1\,000^n} \qquad (14)$$

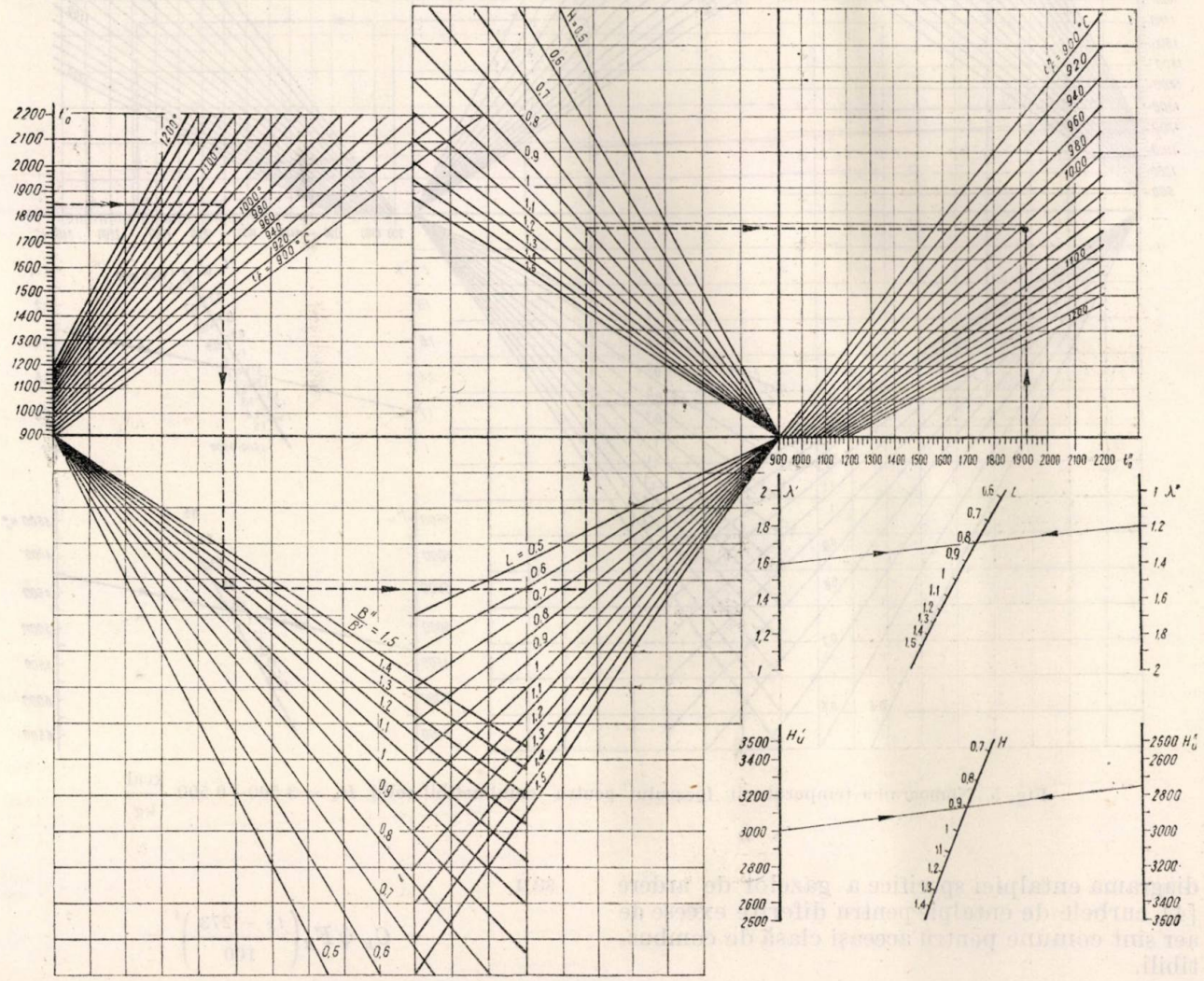


Fig. 4. Nomograma temperaturii focarului pentru combustibil solid. $H_u = 2\,500 - 3\,500$ $\frac{\text{kcal}}{\text{kg}}$.

relația (13) se scrie sub forma :

$$a_\lambda = a_L (c + \lambda - 1) \qquad (15)$$

Valorile coeficienților a_L și c, pentru cei 78 combustibili studiați, sînt determinate în funcție de puterea calorică a combustibililor*. Se remarcă că valoarea coeficientului „c" este constantă pentru diverse clase de combustibil, iar coeficientul a_L este o funcție liniară de putere calorică. Aceste rezultate, prezentate în tabela 3 și fig. 1 sînt confirmate dealtfel de faptul că în diagrama entalpiei specifice a gazelor de ardere [4], curbele de entalpie pentru diferite excese de aer sînt comune pentru aceeași clasă de combustibili.

Revenind la ecuația (2), aceasta se poate scrie utilizînd formula (3) cu coeficienții determinați în cele de mai sus, astfel :

$$Q_R = B (I_0 - I_F) = B a_L (c + \lambda - 1) (t_0^n - t_F^n) \qquad (16)$$

Egalînd relația (1) cu relația (16) se obține ecuația din care se poate determina temperatura t_F a focarului

$$C_R \psi F_R \left(\frac{t_F + 273}{100}\right)^4 = B a_L (c + \lambda - 1) (t_0^n - t_F^n) \qquad (17)$$

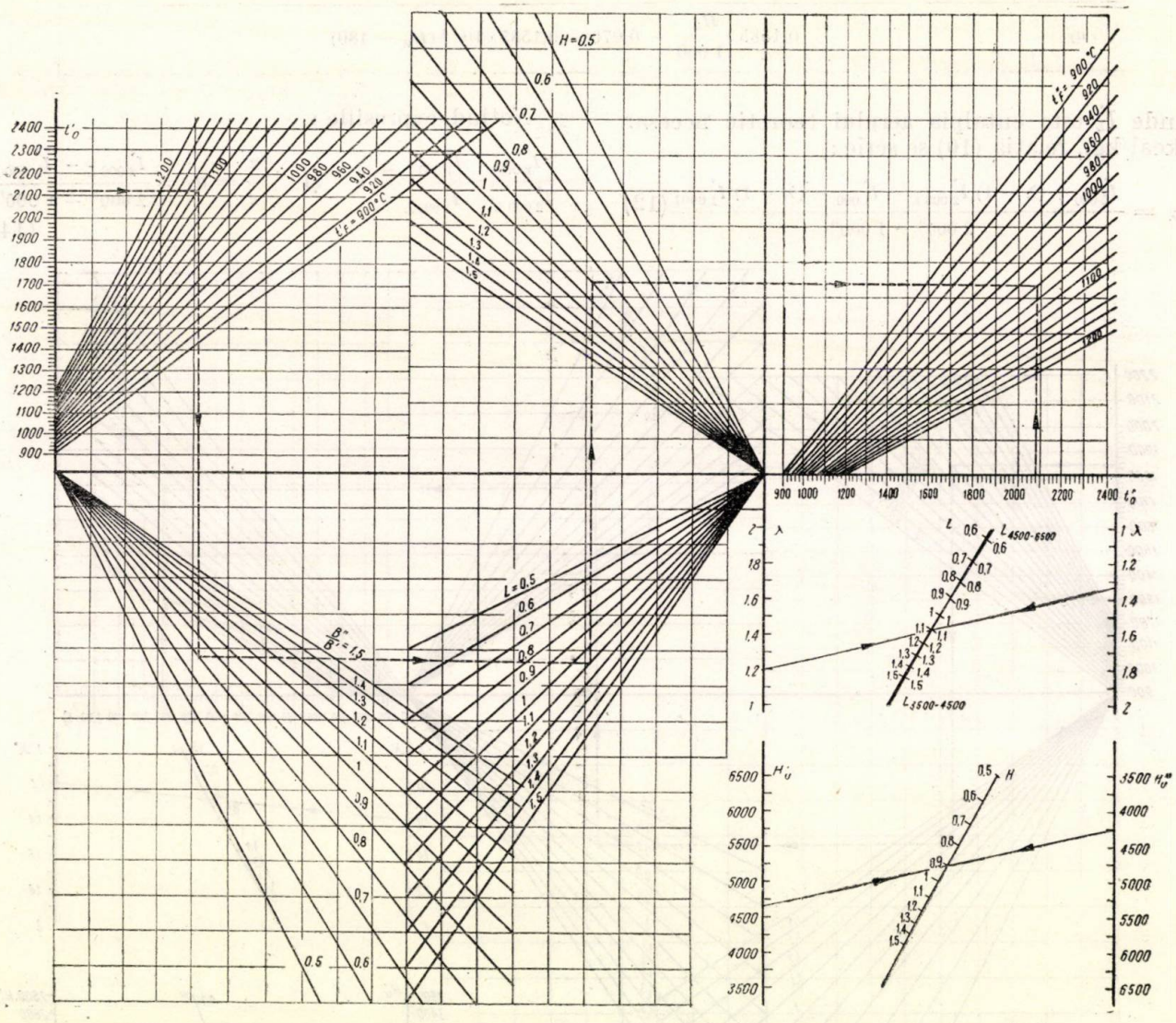


Fig. 5. Nomograma temperaturii focarului pentru combustibil solid. $H_u = 3\,500 - 6\,500 \frac{\text{kcal}}{\text{kg}}$.

sau

$$C_R \psi F_R \left(\frac{t_F + 273}{100}\right)^4 = B \cdot 0{,}1585 \cdot 10^{-3} (H_u - 480) (c + \lambda - 1) (t_0^n - t_F^n). \qquad (18)$$

* Rezultatele atît pentru coeficienții a_L și c cît și pentru n, a și b pot fi consultate în anexa 1.

2. Calculul focarului pentru diferite regimuri de lucru

Calculul temperaturii focarului pentru diferite regimuri de lucru presupune cunoașterea unui anumit regim. Pentru lucrările de proiectare, acest regim reprezintă regimul nominal al cazanului, iar pentru lucrările experimentale un regim oarecare de lucru.

La regimul de lucru cunoscut sînt date următoarele caracteristici:

— temperatura focarului (t_F)
— debitul de combustibil (B)
— puterea calorică a combustibilului (H_u)
— excesul de aer în gazele de ardere (λ)
— temperatura teoretică de ardere a combustibilului (t_0).

Temperatura teoretică de ardere a combustibilului presupune cunoașterea puterii calorice a combustibilului H_u, randamentului focarului η_F, temperaturii aerului preîncălzit t_L, excesului relativ de aer provenit din aerul preîncălzit λ_L și excesului de aer în gazele de ardere λ. Asupra determinării temperaturii teoretice de ardere se va reveni în par. 4.

Notînd cu indicele′ elementele regimului cunoscut și cu indicele″ cele ale regimului ce trebuie determinat, se face raportul relațiilor (18) scrise în cele două cazuri:

$$\frac{C_R \cdot \psi F_R \cdot 10^{-8}\left(t'_F + 273\right)^4}{C_R \cdot \psi F_R \cdot 10^{-8}\left(t''_F + 273\right)^4} = \frac{0{,}1585 \cdot 10^{-3} \cdot B'\left(H'_u - 480\right)\left(c' + \lambda' - 1\right)\left(t'^{n}_0 - t'^{n}_F\right)}{0{,}1585 \cdot 10^{-3} \cdot B''\left(H''_u - 480\right)\left(c'' + \lambda'' - 1\right)\left(t''^{n}_0 - t''^{n}_n\right)} \quad (19)$$

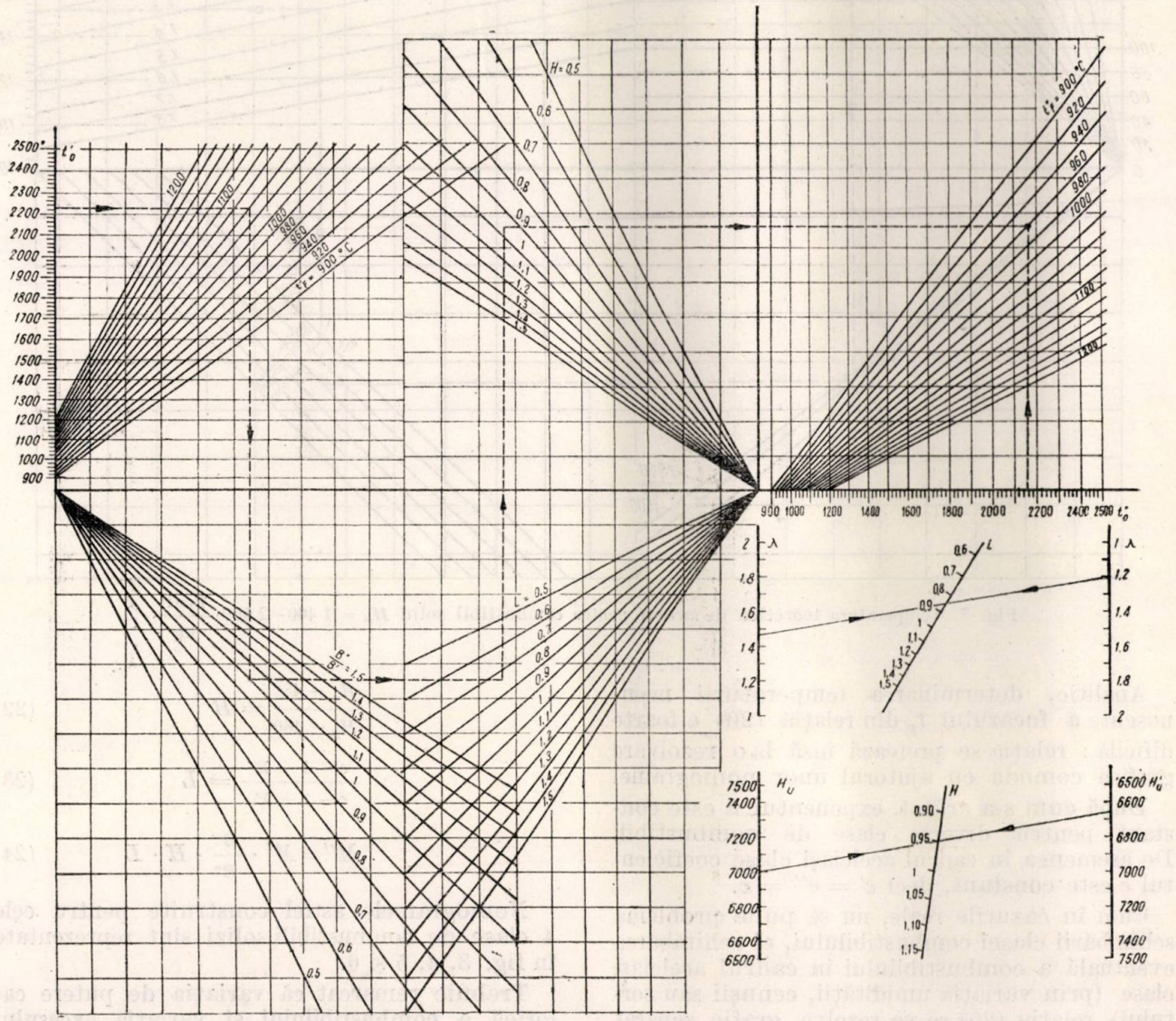


Fig. 6. Nomograma temperaturii focarului pentru combustibil solid. $H_u = 6\,500 - 7\,000\ \frac{\text{kcal}}{\text{kg}}$.

Simplificînd relația (19) și ordonînd convenabil termenii se obține relația finală :

$$\frac{(t''_F+273)^4}{t''^n_0-t''^n_F}=\frac{(t'_F+273)^4}{t'^n_0-t'^n_F}\cdot\frac{B''}{B'}\cdot\frac{H''_u-480}{H'_u-480}\cdot\frac{c''-1+\lambda''}{c'-1+\lambda'} \tag{20}$$

Relația (20) se scrie ca un sistem de 4 ecuații introducînd 3 variabile suplimentare și se reprezintă printr-o nomogramă combinată.

$$\frac{(t_F+273)^4}{t^n_0-t^n_F}=M \tag{21}$$

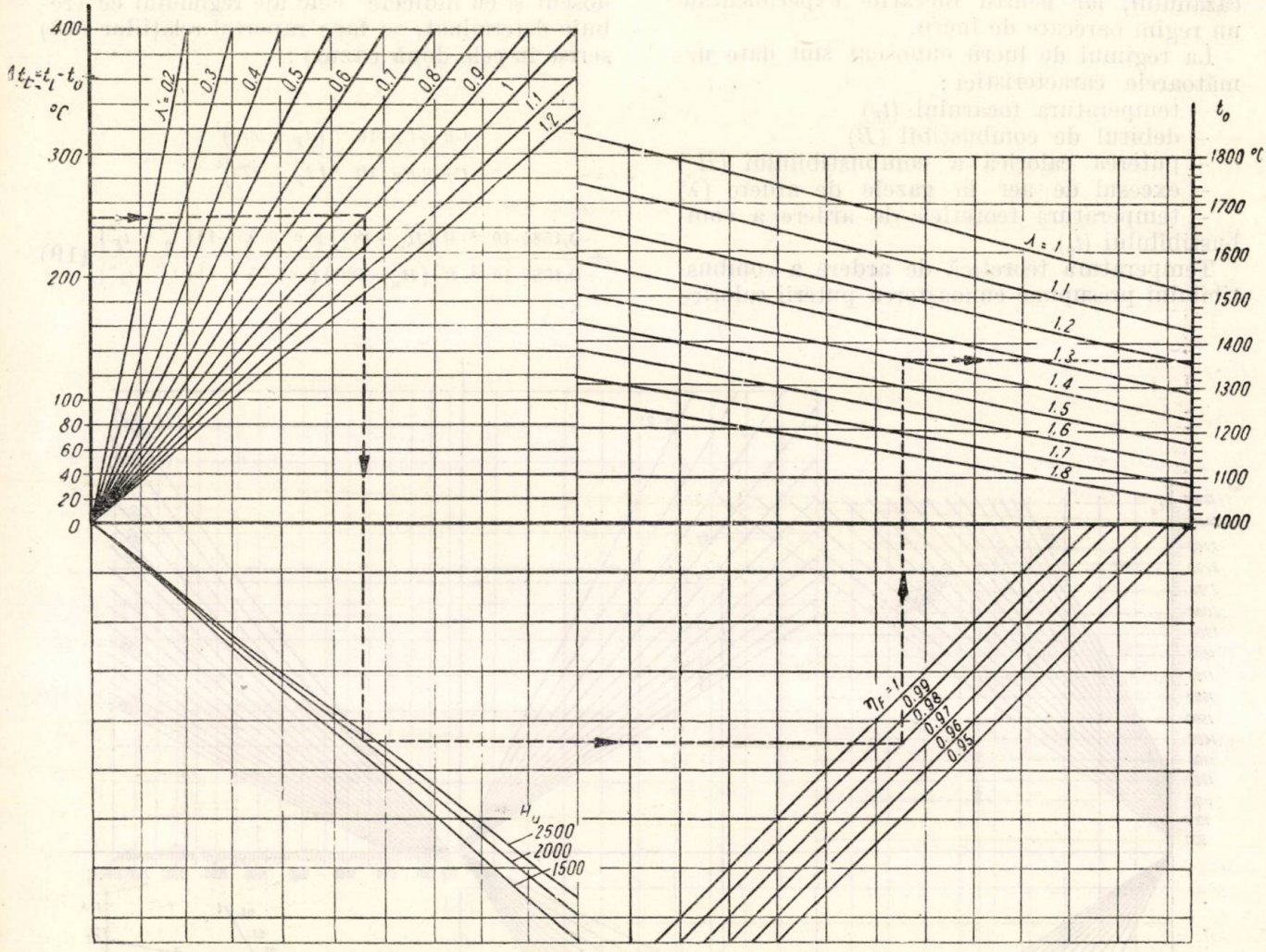


Fig. 7. Temperatura teoretică de ardere pentru combustibil solid $H_u = 1\,400-2\,500\ \frac{\text{kcal}}{\text{kg}}$.

Analitic, determinarea temperaturii necunoscute a focarului t''_F din relația (20) e foarte dificilă : relația se pretează însă la o rezolvare grafică comodă cu ajutorul unor nomograme.

După cum s-a arătat, exponentul n este constant pentru diverse clase de combustibil. De asemenea în cadrul aceleiași clase coeficientul c este constant, deci $c' = c'' = c$.

Cum în cazurile reale, nu se pune problema schimbării clasei combustibilului, ci schimbarea eventuală a combustibilului în cadrul aceleiași clase (prin variația umidității, cenușii sau sortului), relația (20) se va rezolva grafic separat pentru fiecare din cele 4 clase de combustibili date în tabela 2.

$$\frac{H''_u-480}{H'_u-480}=H \tag{22}$$

$$\frac{c-1+\lambda''}{c-1+\lambda'}=L \tag{23}$$

$$M''=M'\cdot\frac{B''}{B'}\cdot H\cdot L \tag{24}$$

Nomogramele astfel construite pentru cele 4 clase de combustibili solizi sînt reprezentate în fig. 3, 4, 5 și 6.

Trebuie remarcat că variația de putere calorică a combustibilului și variația excesului de aer determină temperatura focarului atît prin influența asupra relației $I-t$, cît și prin

influența lor asupra temperaturii teoretice de ardere. În nomogramele fig. 3–6 această din urmă influență este dată prin valorile diferite care trebuie introduse pentru temperaturile teoretice t_0' și t_0''. Determinarea analitică a temperaturii teoretice de ardere nu prezintă difilcultăți, totuși, pentru operativitatea calculului se va da mai jos o metodă grafică de determinare.

3. Determinarea temperaturii teoretice de ardere

Relația folosită la determinarea temperaturii teoretice de ardere este :

$$\eta_F H_u + \alpha\lambda\,(I_{Lt} - I_{Lu}) = I_0 - I_u \qquad (25)$$

unde :

$\alpha\lambda = \lambda_L =$ excesul relativ de aer provenit din aerul preîncălzit

(α fiind proporția de aer preîncălzit din cel total);

$I_{Lt} =$ entalpia aerului preîncălzit la t_L°C $\left(\frac{\text{kcal}}{\text{kg}}\right)$;

$I_{Lu} =$ „ „ ambiant $\left(\frac{\text{kcal}}{\text{kg}}\right)$;

$I_u =$ entalpia gazelor de ardere la temperatura ambiantă $t_u \left(\frac{\text{kcal}}{\text{kg}}\right)$.

În formula (25) se pot face următoarele înlocuiri :

$$I_0 = a_\lambda t_0^n + b = a_L\,(\lambda + c - 1)\,t_0^n + b \qquad (26)$$

$$I_{Lt} - I_{Lu} = 0{,}315\left(\frac{1{,}01}{1\,000}\,H_u + 0{,}5\right)(t_L - t_u) \qquad (27)$$

$$t_L - t_u = \Delta t_L\,. \qquad (28)$$

În relația (27) termenul $\left(\frac{1{,}01}{1\,000}\,H_u + 0{,}5\right)$ reprezintă cantitatea teoretică de aer necesară arderii (Nm^3/kg), iar 0,315 căldura specifică a aerului kcal/Nm^3.

Cu aceste relații, ecuația se scrie :

$$\eta_F H_u + \lambda_L \cdot 0{,}315\left(\frac{1{,}01}{1\,000}\,H_u + 0{,}5\right)\Delta t_L =$$

$$= a_L\,(\lambda + c - 1)\,(t_0^n - t_u^n) \qquad (29)$$

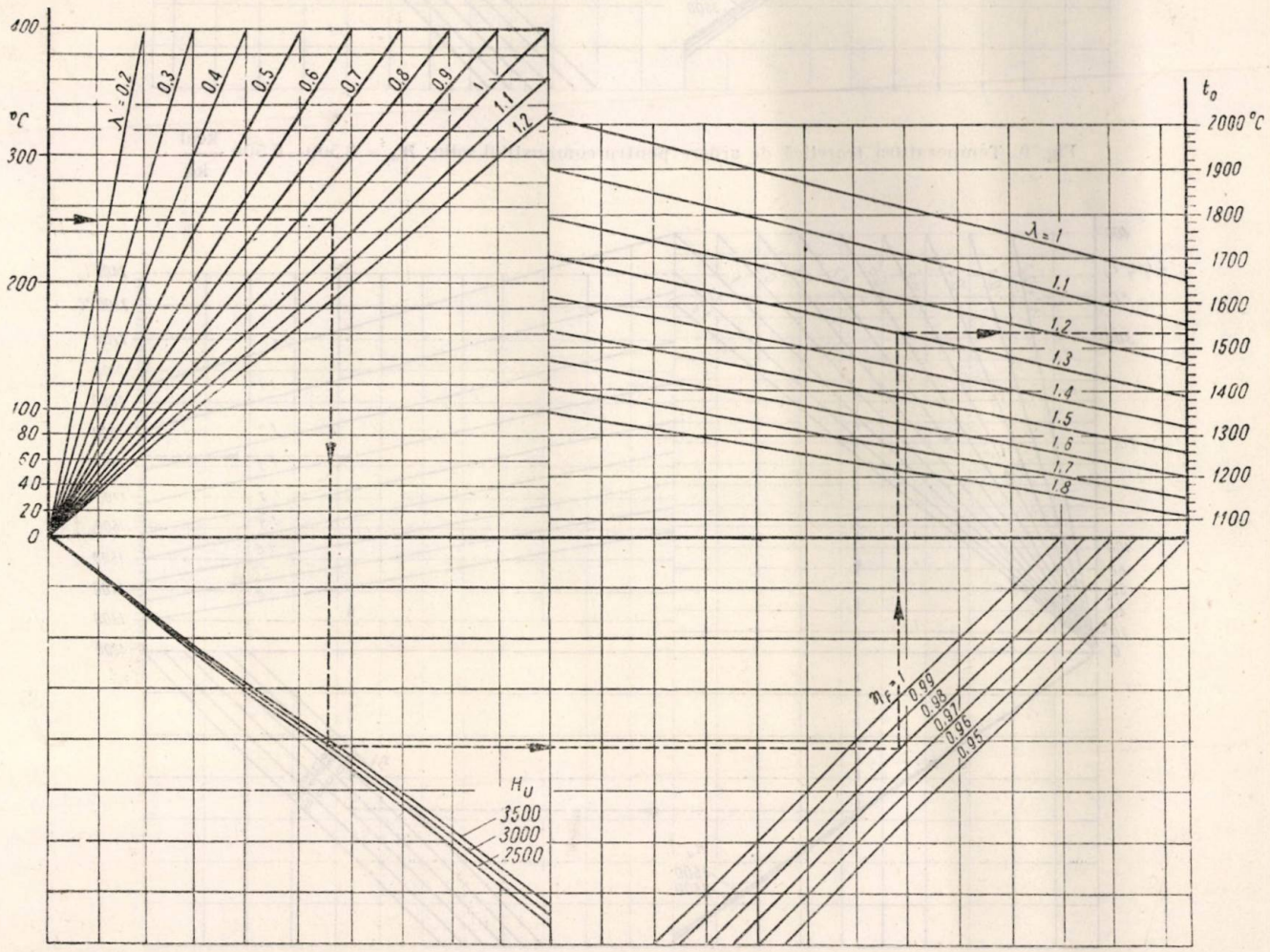


Fig. 8. Temperatura teoretică de ardere pentru combustibil solid. $H_u = 2\,500 - 3\,500\ \frac{\text{kcal}}{\text{kg}}$.

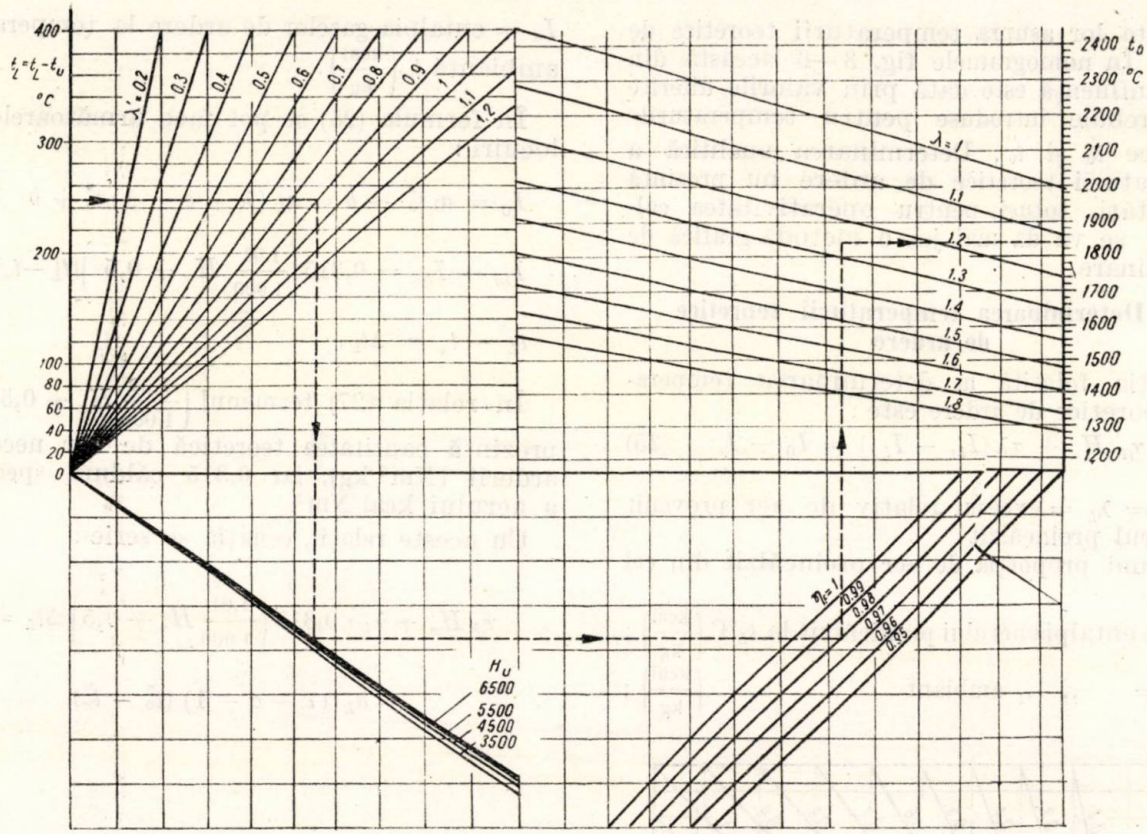


Fig. 9. Temperatura teoretică de ardere pentru combustibil solid. $H_{ti} = 3\,500 - 6\,500 \frac{\text{kcal}}{\text{kg}}$.

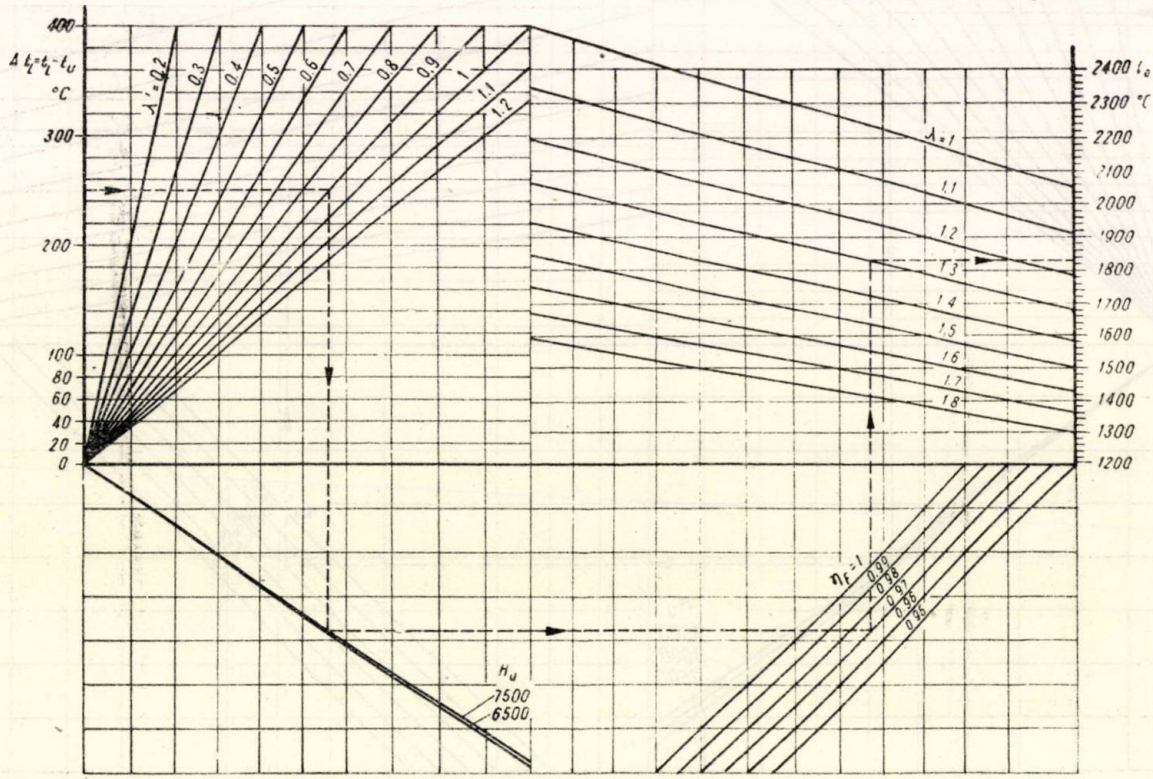


Fig. 10. Temperatura teoretică de ardere pentru combustibil solid. $H_u = 6\,500 - 7\,500 \frac{\text{kcal}}{\text{kg}}$.

Neglijînd termenul t_u^n față de t_0^n și adoptînd pentru a_L valorile date în tabela 4, se obține o relație nomografiabilă pentru determinarea temperaturii teoretice de ardere.

Coeficienții n, m și c sînt constante caracteristice fiecărei clase de combustibili, în consecință nomograma se va construi pentru cele 4 clase de combustibili indicate în tabela 2; aceste nomograme de lucru sînt prezentate în fig. 7, 8, 9, 10.

Tabela 4

H_u	1500—2500	2500—6500	6500—7500
$a_L = mH_u$	0,13 H_u/1 000	0,14 H_u/1 000	0,1465 H_u/1 000

4. Concluzii

Analizînd formulele (19—20) apar două avantaje principale ale metodei raportării regimurilor. Primul avantaj este că eroarea calculului este foarte mică, deoarece dacă mărimile de același fel de la numărător și numitor sînt afectate de erori în același sens, eroarea raportului va fi mai mică decît oricare din erorile parțiale. Acest lucru s-a confirmat și la verificarea practică a nomogramelor de calcul.

Al doilea avantaj al metodei constă în faptul că mărimile caracteristice constructive ale focarului, — suprafețe de ecrane, coeficienți reciproci de radiație, etc. — nu intervin în calcule, ele simplificîndu-se.

Anexa 1

Combustibil Nr.	H_u	n	a	b	a_L	c	Combustibil Nr.	H_u	n	a	b	a_L	c
1	4840	1,138	0,819	65	0,667	1,228	41	2470	1,147	0,442	42	0,331	1,335
2	5900	1,128	1,055	52	0,884	1,195	42	4050	1,132	0,717	43	0,591	1,215
3	5980	1,132	1,015	63	0,856	1,185	43	3850	1,144	0,657	65	0,524	1,288
4	6550	1,128	1,141	59	0,975	1,172	44	3450	1,147	0,62	64	0,467	1,335
5	6470	1,125	1,163	55	0,999	1,168	45	4000	1,144	0,69	63	0,534	1,291
6	6500	1,125	1,152	58	1,000	1,153	46	4400	1,140	0,765	64	0,607	1,258
7	6100	1,140	0,962	97	0,831	1,158	47	4850	1,140	0,81	73	0,661	1,225
8	6010	1,128	1,042	57	0,898	1,160	48	5450	1,138	0,91	73	0,743	1,225
9	3650	1,140	0,620	58	0,509	1,22	49	3950	1,140	0,707	55	0,55	1,288
10	5070	1,138	0,867	69	0,706	1,228	50	3570	1,149	0,624	64	0,466	1,337
11	6740	1,130	1,17	68	0,996	1,172	51	6340	1,140	1,075	96	0,895	1,201
12	5990	1,138	0,989	89	0,828	1,195	52	4660	1,130	0,851	40	0,690	1,188
13	6360	1,125	1,037	—	0,976	1,180	53	4240	1,142	0,722	64	0,569	1,271
14	6300	1,138	1,041	84	0,859	1,211	54	4050	1,140	0,738	57	0,579	1,274
15	6240	1,138	1,033	95	0,860	1,202	55	3910	1,132	0,768	31	0,581	1,320
16	6640	1,132	1,138	71	0,952	1,195	56	3720	1,130	0,722	29	0,550	1,307
17	6770	1,130	1,167	64	0,988	1,180	57	6140	1,138	1,010	88	0,840	1,201
18	6830	1,130	1,178	65	1,003	1,173	58	5610	1,142	0,915	93	0,747	1,223
19	6130	—	—	—	—	1,180	59	3070	1,152	0,546	65	0,396	1,381
20	5660	1,130	0,976	50	0,825	1,182	60	2840	1,149	0,578	57	0,427	1,353
21	5320	1,128	0,94	40	0,786	1,195	61	4860	1,140	0,78	75	0,650	1,153
22	3620	1,147	0,62	62	0,475	1,305	62	5030	1,135	0,855	69	0,714	1,197
23	2510	1,147	0,481	44	0,346	1,395	63	5720	1,130	0,997	51	0,839	1,188
24	5930	1,130	1,025	51	0,859	1,155	64	5720	1,132	0,97	67	0,825	1,175
25	4340	1,132	0,776	44	0,632	1,230	65	3120	1,149	0,547	56	0,407	1,345
26	1650	1,171	0,344	55	0,213	1,615	66	4350	1,132	0,785	41	0,629	1,248
27	2420	1,154	0,455	53	0,320	1,425	67	4520	1,132	0,778	21	0,657	1,183
28	3410	1,156	0,548	83	0,424	1,291	68	4310	1,127	0,774	34	0,648	1,139
29	1500	1,154	0,349	26	0,215	1,615	69	4530	1,140	0,750	64	0,612	1,225
30	2240	1,166	0,423	63	0,277	1,528	70	2720	1,144	0,472	42	0,354	1,330
31	4970	1,132	0,865	49	0,723	1,198	71	2080	1,156	0,342	46	0,250	1,370
32	5000	1,142	0,802	81	0,669	1,202	72	1510	1,156	0,280	35	0,194	1,442
33	3860	1,140	0,654	58	0,538	1,213	73	1430	1,171	0,236	94	0,162	1,458
34	2840	1,152	0,495	58	0,363	1,361	74	1470	1,164	0,254	40	0,175	1,457
35	3770	1,147	0,616	68	0,485	1,270	75	2560	1,166	0,444	70	0,299	1,485
36	5460	1,130	0,968	44	0,800	1,211	76	2030	1,168	0,392	59	0,245	1,598
37	5880	1,135	0,979	91	0,836	1,172	77	2440	1,156	0,468	54	0,304	1,545
38	4180	1,149	0,65	81	0,533	1,222	78	5220	1,130	0,949	51	0,789	1,203
39	4470	1,147	0,711	83	0,579	1,228							
40	3070	1,132	0,569	28	0,453	1,255							

Notă: Nr. de ordine al combustibilului corespunde lucrării [3] tabela RN2 — 01, pag. 154—161. Combustibilii 70—74 sînt șisturi, 75—76 turbă, 77 lemne, 78 mixte de cocs.

Utilizarea nomogramelor fig. 3 — 10 în proiectare și în ridicarea experimentală a caracteristicilor cazanelor reduce foarte mult volumul de calcule și încercări necesare pentru studiul diverselor regimuri de lucru.

Nomogramele pot fi folosite și pentru calculul focarelor altor instalații, ca de exemplu : cuptoare de încălzire, cuptoare tehnologice ecranate, etc.

Bibliografie

[1] Munzinger F.: *Dampfkraft* — Springer Berlin, 1949.

[2] Ledinegg M.: *Dampferzeugung* — Springer Wien, 1952.

[3] ***: *Teplovoi rascet cotelnîh agregatov.* Normativnîi metod. Gossenergoizdat, Moscova, 1957.

[4] Rosin P., Hehling R.: *Diagramme It de la combustion.* Dunod, Paris, 1953.

Determinarea valorii curentului de scurtcircuit în instalațiile electrice interioare de joasă tensiune

Ing. V. BABEȘ — Cluj

Necesitatea de a cunoaște valoarea curentului de scurtcircuit în instalațiile interioare de joasă tensiune este o problemă de dată relativ recentă în țara noastră. Într-adevăr, înainte de naționalizarea din anul 1948 a principalelor mijloace de producție, în instalațiile interioare racordate la rețelele alimentate din centralele izolate sau la vreuna din cele cîteva sisteme locale de mică putere, valoarea curentului de scurtcircuit nu a format un obiect de preocupare, nici pentru consumator sau furnizor de energie electrică și nici pentru proiectanții sau furnizorii de aparataj de conexiune și protecție.

Situația creată în anii de construcție a socialismului, caracterizată între altele prin dezvoltarea industriei mici și mijlocii, mărirea consumului individual, introducerea aparatajului electric de uz casnic și amplificarea rețelelor de luminat public, a dus la mărirea puterii instalate în posturile de transformare și amplificare a rețelelor de distribuție urbană și industrială de joasă tensiune prin mărirea secțiunilor și buclarea ramurilor.

În această situație nouă, cunoașterea valorii curentului de scurtcircuit în diferitele puncte ale rețelei de joasă tensiune și în instalația interioară la consumator, a devenit o problemă importantă, mărimea acestuia constituind un criteriu de bază atît pentru verificarea instalațiilor de distribuție existente cît și pentru proiectarea instalațiilor noi și alegerea aparatajului de conexiune și protecție.

În cazul instalațiilor noi și al amplificărilor sau al modernizării sistematice a instalațiilor existente, sarcina de a determina valoarea curentului de scurtcircuit și implicit de a alege schema de principiu a instalației și aparatajul cel mai corespunzător din punct de vedere tehnico-economic, revine proiectantului. Acesta stăpînește metodele de determinare prin calcul a valorii curentului de scurtcircuit și posedă toate elementele de calcul necesare, situația fiind mai puțin favorabilă în primul caz, al instalațiilor existente, a căror verificare sub aspectul comportării lor sub acțiunea valorii sporite a curentului de scurtcircuit revine în mod normal personalului energetic de exploatare a consumatorului. Cercetările efectuate prin sondaj pe teren au dovedit că acest personal, în unele cazuri, nu este documentat asupra importanței și metodelor de determinare a valorii curentului de scurtcircuit în instalația interioară pe care o exploatează, asupra pericolului pe care îl prezintă depășirea valorilor maxime admisibile și nici asupra măsurilor de luat pe această linie pentru prevenirea avariilor și distrugerilor de aparataj, urmate de întreruperi în procesul tehnologic de producție, pe durata înlocuirii aparatajului devenit inutilizabil.

În cadrul lucrării de față se pune la îndemîna personalului energetic de exploatare din întreprinderile industriale descrierea unor metode practice simple pentru determinarea rapidă a valorii curentului de scurtcircuit din instalațiile de joasă tensiune.

Așa cum s-a arătat mai sus, calcularea valorii curentului de scurtcircuit este necesară pentru alegerea aparatajului și proiectarea instalațiilor noi, respectiv pentru verificarea măsurii în care instalațiile și aparatajul existent corespund condițiilor de scurtcircuit actuale.

Față de scopul urmărit în aceste cazuri este cu totul suficient dacă se determină valoarea cea mai mare posibilă a curentului de scurtcircuit, respectiv a componentei periodice a curentului de scurtcircuit de șoc, o situație care simplifică mult calculul față de condițiile impuse în cazul instalațiilor și rețelelor de înaltă tensiune. Pentru simplificare, în cele ce urmează această valoare se va denumi „curent de scurtcircuit".

În cazul general schema de principiu a instalației pentru care urmează a se determina valorile curentului de scurtcircuit constă dintr-o linie de derivație de înaltă tensiune, relativ

scurtă, unul sau două transformatoare coborîtoare de 420—500 kVA (rareori la 1 000 kVA sau mai mari) și dintr-o rețea interioară de joasă tensiune de 220—500 V, avînd o configurație arborescentă ramificată. În astfel de cazuri factorii principali care determină valoarea curentului de scurtcircuit sînt: puterea aparentă și impedanța transformatorului și impedanța rețelei de joasă tensiune dintre bornele transformatorului și locul scurtcircuitului (bare, cabluri, linii, inclusiv rezistențele de trecere a contactelor etc.). Valoarea impedanței derivației de înaltă tensiune poate fi neglijată fără a da naștere la erori apreciabile, aceasta avînd în general o lungime relativ redusă.

În această situație, în schema echivalentă de calcul a curentului de scurtcircuit, se introduc numai impedanțele transformatorului și a rețelei de joasă tensiune pînă la locul scurtcircuitului, rețeaua de înaltă tensiune fiind considerată ca un sistem rigid în punctul de legătură cu partea de înaltă tensiune a transformatorului, în mod practic insensibil față de influența valorii maxime posibile a curentului de scurtcircuit din rețeaua de joasă tensiune alimentată de transformator.

Această ipoteză are drept consecință că componența periodică a curentului de scurtcircuit nu se amortizează, dacă impedanța rețelei secundare rămîne neschimbată, ceea ce în practică se traduce prin menținerea arcului în punctul de scurtcircuit, pînă la întreruperea alimentării.

Calculul curenților de scurtcircuit se efectuează pentru cazul cel mai defavorabil, cel al scurtcircuitului metalic, fără a ține cont de rezistența arcului electric.

Metodele practice de determinare a curentului de scurtcircuit în instalația de joasă tensiune sînt aplicabile în cazul general al alimentării rețelei de joasă tensiune printr-un transformator, instalat între rețeaua de înaltă și cea de joasă tensiune. În această situație, puterea de scurtcircuit la bornele de joasă tensiune ale transformatorului se determină cu formula:

$$P_{sc} = \frac{100}{u_{sc}\%} \cdot P_{tr}$$

în care: P_{tr} este puterea aparentă a transformatorului în kVA și $u_{sc}\%$ — tensiunea de scurtcircuit a transformatorului în % sînt cunoscute; iar P_{sc} — puterea de scurtcircuit la bornele de joasă tensiune ale transformatorului, în kVA.

Valoarea eficace a curentului de scurtcircuit simetric de șoc la bornele de joasă tensiune ale transformatorului este dată de relația:

$$I_{sc} = \frac{1\,000 \cdot P_{sc}}{\sqrt{3} \cdot U_2} = \frac{1\,000 \cdot 100 \cdot P_{tr}}{\sqrt{3} \cdot u_{sc}\% \cdot U_2}$$

în care: U_2 — tensiunea nominală secundară la bornele transformatorului, în V; I_{sc} — componența periodică a curentului de scurtcircuit simetric de șoc, în A.

Întrucît în cazul general, între receptorul și transformatorul de alimentare există conducte electrice aeriene, cabluri, bare etc., efectul de micșorare a curentului de scurtcircuit al acestor elemente se face cu atît mai mult simțit, cu cît lungimea lor este mai mare și secțiunea mai mică, adică cu cît impedanța lor este mai mare.

În practică valoarea eficace a curentului de scurtcircuit simetric se calculează cu o rezervă de siguranță de 10%, cu ajutorul relației:

$$I_{sc} = \frac{1{,}1 \cdot U_2 \cdot 1\,000}{\sqrt{3} \cdot Z} = \frac{1{,}1 \cdot U_2 \cdot 1\,000}{\sqrt{3}\ \sqrt{R^2 + x^2}}$$

în care: R este suma reactanțelor ohmice a căii de curent dintre transformator și locul scurtcircuitului în mΩ;
X — suma reactanțelor întregii căi de curent dintre punctul de racordare a transformatorului la rețeaua de înaltă tensiune și locul scurtcircuitului în mΩ;
I_{sc} — se obține în A.

Eroarea datorită neglijării reactanței rețelei de înaltă tensiune este neglijabilă și admisibilă.

În calculele practice se vor utiliza următoarele valori medii pentru rezistențe și reactanțe:

a). Linii aeriene

1. Rezistența ohmică pe o fază, în mΩ/m:

Secțiunea conductoarelor, în mm²	6	10	16	25	35	50	70
Materialul conductoarelor							
— cupru	3,06	1,84	1,20	0,74	0,54	0,39	0,28
— aluminiu	—	—	1,89	1,23	0,83	0,62	0,46
— oțel-aluminiu	—	—	—	—	0,86	0,61	0,44
	95	120	150	185	240	300	—
	0,20	0,16	0,12	0,10	0,08	0,06	—
	0,33	0,26	0,20	0,15	—	—	—
	0,33	0,24	0,20	0,16	—	—	—

2. Reactanțe pe o fază, în mΩ/m:

Secțiunea conductoarelor, în mm²	6	10	16	25	35	50	70	95	Pentru secțiuni mai mari
Cupru sau aluminiu	0,37	0,36	0,33	0,32	0,31	0,30	0,28	0,27	0,26

Pentru conductoarele de oțel se calculează cu valori între 1,8—1,3 mΩ/m valoarea mai mare fiind valabilă pentru secțiuni mai mici și viceversa.

Nu este indicată utilizarea valorii medii de 0,4 mΩ/m recomandată de unii autori, pentru orice secțiune și pentru distanțe de 0,3—0,5 m între conductoare, deoarece dă erori prea mari.

b) Cabluri

1. *Rezistența ohmică pe o fază*, în mΩ/m:

Secțiunea conductoarelor, în mm²	6	10	16	25	35	50	70
Cupru	3,07	1,84	1,15	0,74	0,52	0,37	0,26
Aluminiu	4,90	2,94	1,84	1,18	0,83	0,59	0,42
	95	120	150	185	240	300	
	0,19	0,15	0,12	0,10	0,08	0,06	
	0,30	0,24	0,19	0,16	0,13	0,10	

2. *Reactanța pe o fază*, în mΩ/m:

Secțiunea conductoarelor, în mm²	6	10	16	25	35	50	70
Cupru sau aluminiu	0,12	0,11	0,10	0,09	0,09	0,08	0,08
	95	120	150	185	240		300
	0,08	0,08	0,07	0,07	0,07		0,07

Pentru bare, conducte izolate etc., dacă au lungimi mai mari, rezistența ohmică se calculează cu formula cunoscută:

$$R_r = \frac{\rho \cdot l}{S} \cdot 10^3$$

în care:

l este lungimea liniei, în m;
S — secțiunea conductoarelor, în mm²;
ρ — rezistivitatea conductoarelor:

0,0175 $\frac{\Omega mm^2}{m}$ pentru cupru;

0,028 $\frac{\Omega mm^2}{m}$ pentru aluminiu;

0,1800 $\frac{\Omega mm^2}{m}$ pentru oțel,

În cazul instalațiilor existente se recomandă să se introducă în calcul valoarea reală a rezistenței ohmice a căii de curent, măsurată cu puntea sau cu metoda volt-ampermetrului.

c) Transformatoare

1. *Rezistența ohmică a unei faze a transformatorului* se calculează cu formula:

$$R_{tr} = \frac{p_{sc} \cdot U_2^2}{1\,000 \cdot P_{tr}^2} \text{ în m}\Omega$$

în care:

R_{tr} este rezistența ohmică a transformatorului, în mΩ;
p_{sc} — reprezintă pierderile de scurtcircuit la intensitatea nominală a transformatorului, în W;
U_2 — tensiunea nominală la bornele secundare ale transformatorului, în V;
P_{tr} — puterea nominală a transformatorului, în kVA.

După cum vom arăta mai jos, în calculele practice ale curentului de scurtcircuit, rezistența ohmică a transformatorului se poate neglija fără a da naștere la erori sensibile, cu excepția transformatoarelor de mică putere (pînă la 50 kVA inclusiv).

2. *Reactanța unei faze* a transformatorului se calculează cu formula:

$$X_{tr} = \frac{u_{sc} \cdot U_2^2}{100 \cdot T_{tr}} \text{ în m}\Omega$$

în care:

X_{tr} este reactanța transformatorului în mΩ;
$u_{sc}\%$ — tensiunea de scurtcircuit a transformatorului, exprimată în procente din tensiunea nominală a înfășurării secundare a transformatorului U_2 (în calculele practice se utilizează valoarea tensiunii de scurtcircuit, în locul componentei reactive a acesteia, eroarea fiind fără importanță, cu excepția transformatoarelor de putere mică pînă la 100 kVA inclusiv).

În tabela 1 sînt date valorile rezistențelor și reactanțelor calculate cu formulele de mai sus, pentru seria de transformatoare standardizate în R.P.R. (STAS 1 703-50), pentru tensiunea nominală de 400 V la bornele secundare ale transformatoarelor.

Tabela 1

Puterea nominală	Tensiunea primară max. kV	Tensiunea de scurtcircuit, în %	Rezistența	Reactanța
10	6	5,5	536	880
	10	5,5	536	880
20	6	5,5	240	440
	10	5,5	240	440
30	6	5,5	151	293
	10	5,5	151	293
50	6	5,5	84,8	176
	10	5,5	84,8	176
	35	6,5	84,8	208
100	6	5,5	38,4	88
	10	5,5	38,4	88
	35	6,5	38,4	117
180	10	5,5	20,2	48,5
	35	6,5	20,2	65,0
240	10	5,5	13,3	36,6
	35	6,5	13,9	43,3
320	10	5,5	9,7	27,5
	35	6 5	10,0	32,5
420	10	5,5	7,0	20,9
	35	6,5	7,5	24,7
560	10	5,5	4,8	15,7
	35	6,5	5,1	18,5
750	10	5,5	3,0	11,7
	35	6,5	3,5	13,8
1 000	10	5,5	2,4	8,8
	35	6,5	2,5	10,4
1 350	10	5,5	1,7	6,51
	35	6,5	1,75	7,69
1 800	10	5,5	1.2	4,88
	35	6,5	1,23	5,68

În cazul transformatoarelor de altă fabricație, sau avînd tensiunea nominală secundară diferită de tensiunea standardizată $U_2 = 400$ V, determinarea valorii rezistenței și reactanței se va face prin calcul, cu utilizarea formulelor de mai sus.

La efectuarea calculelor practice, rezistențele ohmice se iau în considerare numai în măsura în care valorile lor sînt egale sau sînt mai mari ca 1/2 din valorile reactanțelor.

Modul de aplicare a metodei de determinare a curenților de scurtcircuit rezultă din următorul exemplu numeric (fig. 1).

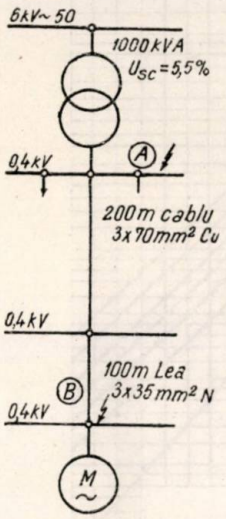


Fig. 1.

Exemplul I

$P_{tr} = 1\,000$ kVA;
$u_{sc}\% = 5{,}5\%$;
$p_{sc} = 15\,000$ W;
$U_2 = 400$ V;
$l_c = 200$ m;
$S_c = 3 \times 70 + 35$ mm² Cu;
$l_a = 100$ m;
$s_a = 3 \times 35 + 16$ mm² Al.

1. *Scurtcircuit în A*

$$P_{sc} = \frac{100}{u_{sc} \cdot c\,^0/_0} \cdot P_{tr} \frac{100}{5{,}5} \times 1\,000 = 18\,180 \text{ kVA.}$$

$$I_{sc} = \frac{P_{sc} \cdot 1\,000}{\sqrt{3} \cdot U_2} = \frac{18\,180 \cdot 1\,000}{1{,}73 \cdot 400} = \underline{26\,300 \text{ A}} = \underline{26{,}3 \text{ kA}}$$

2. *Scurtcircuit în B*

Rezistențe *Reactanțe*

a) $R_{tr} = \dfrac{p_{sc} \cdot U_2^2}{100 \cdot P_{tr}} = \dfrac{15\,000 \cdot 400^2}{100 \cdot 1\,000} =$ 2,4

$X_{tr} = \dfrac{u_{sc}\,^0/_0 \cdot U_2^2}{100 \cdot P_{tr}} = \dfrac{5{,}5 \cdot 400^2}{100 \cdot 1\,000} =$ 8,8

b) $R_c = \dfrac{Cu \cdot l_c}{s_c} \cdot 10^3 = \dfrac{0{,}0175 \cdot 200 \cdot 1\,000}{70} =$

$= 50\ (> 0{,}5\ X_c)$

$X_c = l_c \cdot 0{,}08 = 200 \cdot 0{,}08 =$ 16,0

c) $R_a = \dfrac{Al \cdot l_a}{s_x} = \dfrac{0{,}028 \cdot 100 \cdot 1\,000}{35} = 80\ (> 0{,}5\ X_a)$

$X_a = l_a \cdot 0{,}31 = 100 \cdot 0{,}31 =$ 31,0

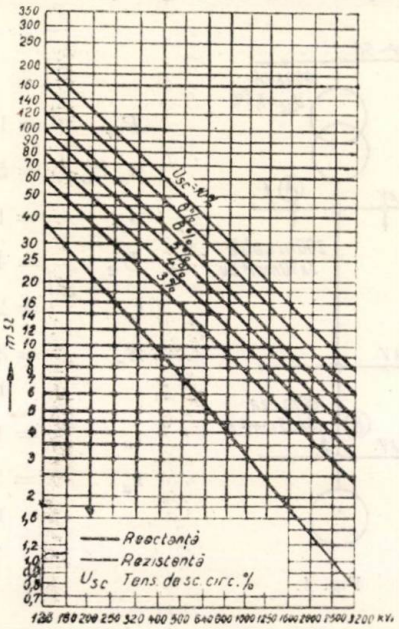
$\underline{R = 132{,}4}$; $\underline{x = 55{,}8}$

$$I_{sc} = \frac{1{,}1 \cdot 1000 \cdot U_2}{\sqrt{3} \cdot \sqrt{R^2 + x^2}} = \frac{1{,}1 \cdot 1\,000 \cdot 400}{\sqrt{3} \cdot \sqrt{132{,}4^2 + 55{,}8^2}} = \frac{440\,000}{1{,}73 \cdot 143{,}8} =$$

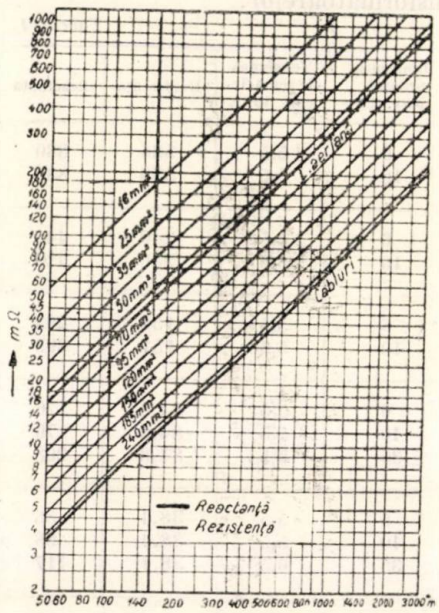
$$= \frac{440\,000}{248{,}8} = 1\,772 \text{ A} = \underline{1{,}772 \text{ kA}}$$

Acest exemplu de calcul demonstrează efectul important de diminuare a valorii curentului de

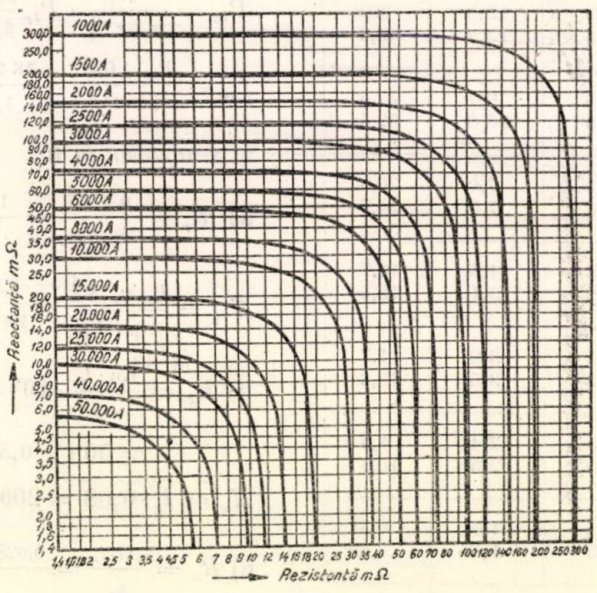
scurtcircuit în rețelele de joasă tensiune al rezistenței ohmice a liniilor, fie aeriene, fie subterane, instalate între bornele transformatorului și locul de instalare al receptoarelor.



a



b



c

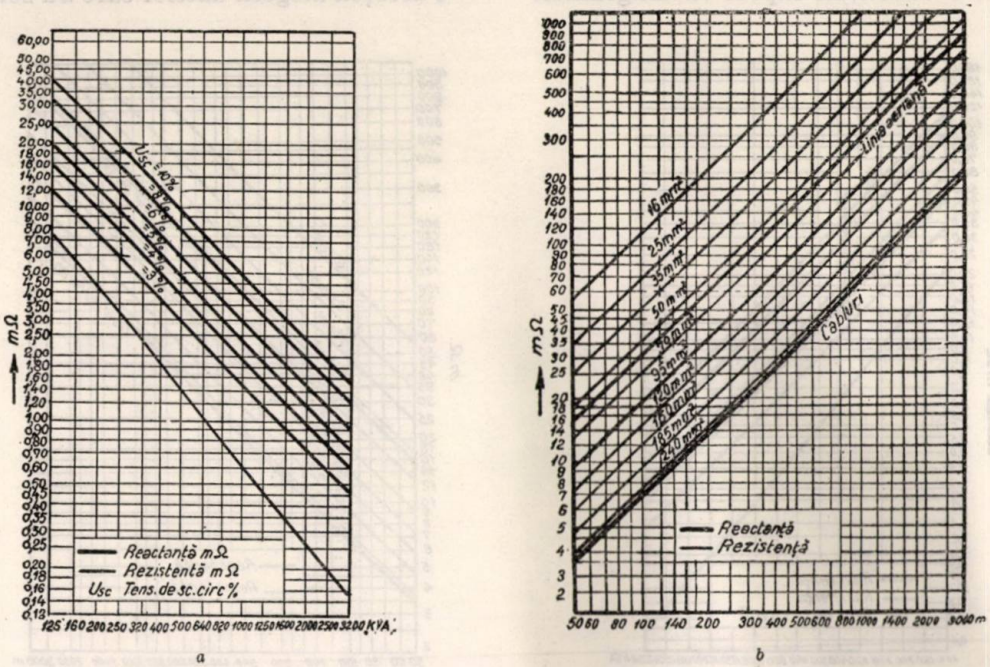
Fig. 2. Diagrame pentru determinarea curenților de scurtcircuit pentru tensiunea de 210—231 V:

a — rezistența și reactanța transformatoarelor; *b* — rezistența și reactanța liniilor aeriene și cablurilor; *c* — componența alternativă a curentului de scurtcircuit de șoc, în funcție de impedanța totală a circuitului.

Cu toate că, așa cum rezultă din exemplul numeric de mai sus, determinarea valorii curenților de scurtcircuit necesită o serie de operații simple de calcul, executarea acestora pentru instalații ceva mai extinse răpește timp mult energeticianului de exploatare. Prin întocmirea diagramelor alăturate, s-a realizat o simplificare importantă prin reducerea la minimum a operațiilor de calcul, care se rezumă doar la însumarea valorilor rezistențelor și reactanțelor elementelor căii de curent obținute direct din diagrame. Valoarea curentului de scurtcircuit se citește direct dintr-o altă diagramă, cu un mănunchi de curbe, în punctul avînd ca coor-

donate valoarea sumei rezistențelor în mΩ pe axa absciselor și valoarea sumei reactanțelor, tot în mΩ, pe axa ordonatelor.

Fiecăreia din cele trei tensiuni uzuale de utilizare directă în curent alternativ trifazic descrisă mai sus și au fost date publicității în 1930 [3]. Ele sînt aplicabile pentru cazul general al rețelelor de joasă tensiune alimentate prin transformatoare dintr-o rețea de înaltă tensiune considerată practic rigidă în punctul de racor-



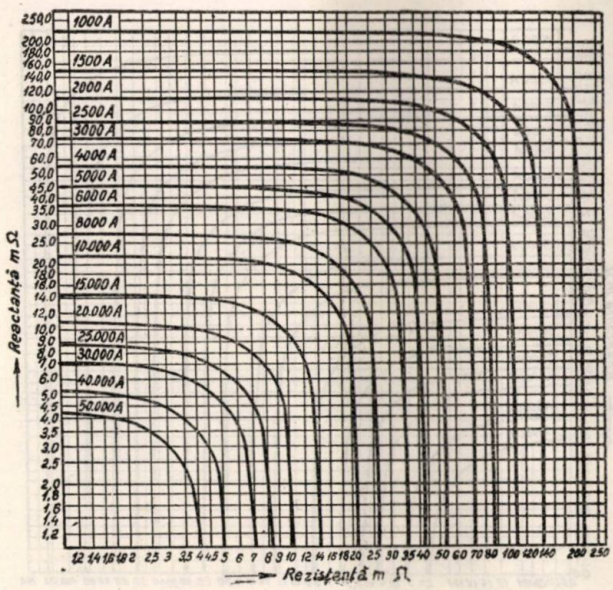


Fig. 3. Diagrame pentru determinarea curenților de scurt-circuit pentru tensiuni de 380—400 V;

a — rezistența și reactanța transformatoarelor; *b* — rezistența și reactanța liniilor aeriene și cablurilor; *c* — componența alternativă a curentului de scurtcircuit de șoc în funcție de impedanța totală a circuitului.

de 50 Hz îi corespund cîte trei diagrame care le sînt proprii, grupate în figurile 2, 3 și 4, pentru tensiunile respective de 220—230 V, 380—400 V și 500—525 V.

Aceste diagrame s-au întocmit pe aceleași principii de simplificare ca și metoda de calcul dare al transformatorului. O serie de cîte trei diagrame servesc separat pentru tensiunile secundare uzuale de curent alternativ trifazic de 50 Hz, de 220, 380 și 500 V. Rezultatele obținute prezintă o precizie suficientă pentru scopul urmărit, de alegere de aparataj,

respectiv de verificare a instalațiilor existente. Se observă că valorile rezistențelor ohmice și reactanțelor pentru transformatoare, linii aeriene și cabluri subterane, sînt valori medii, date în mΩ pe fază; dovada justei alegeri a acestor valori o constituie faptul că diagramele

cabluri se obțin prin înmulțirea valorilor citite din diagrame cu valoarea raportului

$$\frac{\rho_{Al}}{\rho_{Cu}} = \frac{0{,}028}{0{,}0175} = 1{,}6$$

Justețea alegerii datelor care au servit la întoc-

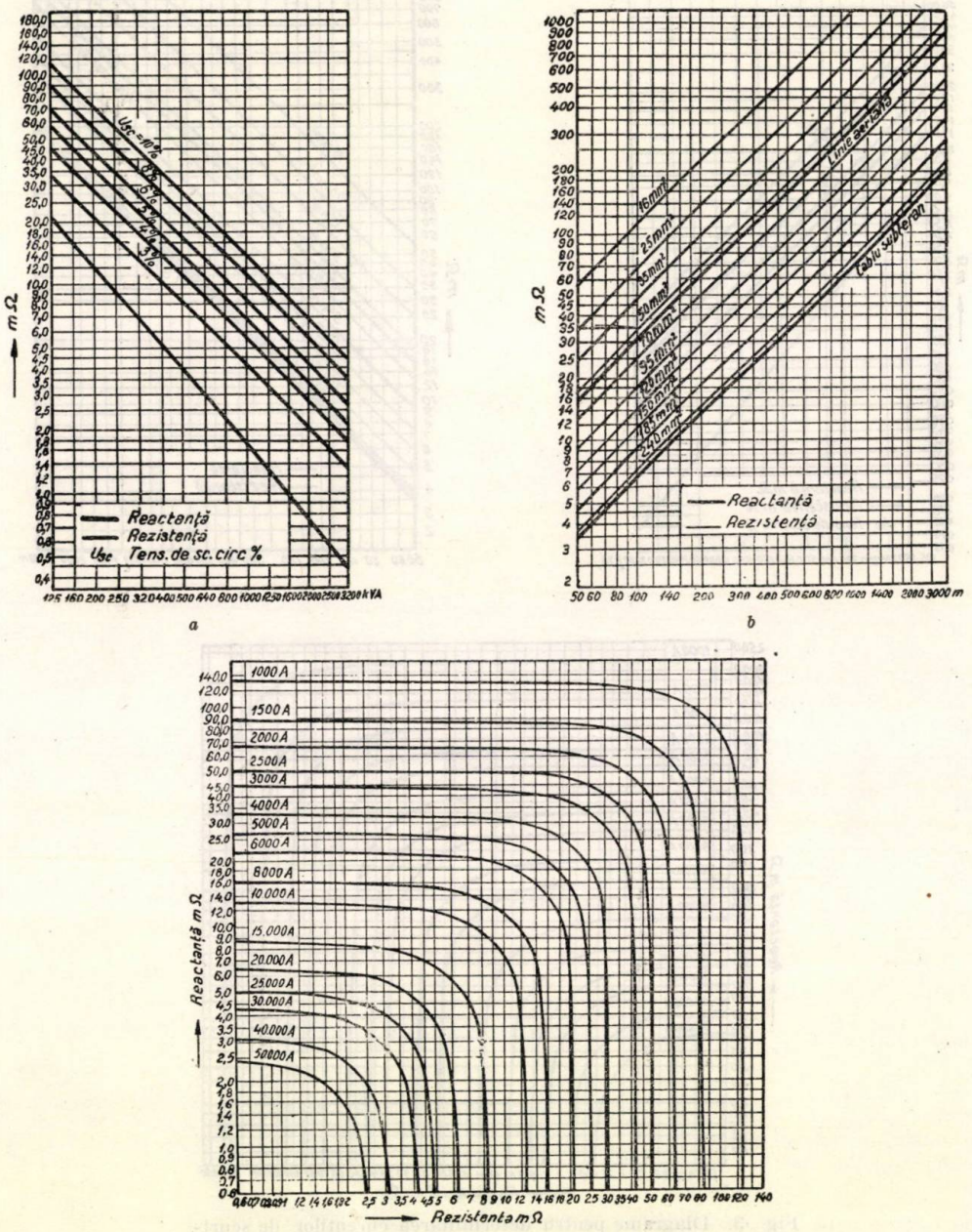


Fig. 4. Diagrame pentru determinarea curenților de scurtcircuit pentru tensiuni de 500—525 V:

a — rezistența și reactanța transformatoarelor; *b* — rezistența și reactanța liniilor aeriene și cablurilor; *c* — componența alternativă a curentului de scurtcircuit de șoc în funcție de impedanța totală a circuitului.

elaborate se pot utiliza în practică și azi fără nici o modificare [6].

În cazul conductoarelor de aluminiu, valorile rezistențelor ohmice pentru linii aeriene și

mirea diagramelor și rapiditatea cu care se poate lucra cu ajutorul acestora, se demonstrează prin determinarea pe această cale a curenților de scurtcircuit din *exemplul I* de calcul de mai jos.

1. *Scurtcircuite în A*

	R	X
	mΩ	mΩ
Transformator	1,70	8,0

Din diagramă se citeşte pentru aceste coordonate o valoare de:

$$I_{sc_A} = 27\,000 \text{ A} = \underline{27 \text{ kA}}$$

2. *Scurtcircuite în B*

	R	X
	mΩ	mΩ
Transformator	1,70	8,0
Cablu	52,0	14,0
Linie aeriană	80,0 (50×1,6)	32,0
	133,7	54,0

La aceste coordonate corespunde în diagramă o valoare de

$$I_{sc_B} = 1\,700 \text{ A} = \underline{1,7 \text{ kA}}$$

Diferenţele faţă de valorile calculate sînt fără importanţă faţă de scopul determinării, fiind de ordinul a $\sim 5\%$.

În cazul posturilor de transformare cu două sau mai multe transformatoare funcţionînd în paralel, rezistenţele ohmice şi reactanţele se calculează după puterea lor însumată, în prealabil recalculată pentru aceeaşi tensiune de scurtcircuit de referinţă. În cazul bobinelor de reactanţă montate în serie cu transformatoarele, tensiunile lor de scurtcircuit, respectiv de dispersiune se însumează în vederea efectuării calculului de scurtcircuit.

Valorile reactanţei liniilor aeriene determinate din diagrame sînt valori pentru cazul dispoziţiei în triunghi a conductoarelor; dacă conductoarele sînt dispuse într-un plan, fie orizontal, fie vertical, valorile obţinute trebuie să fie înmulţite cu $\sqrt[3]{2} = 1,26$. La linii paralele (circuite multiple) se iau în considerare rezistenţele rezultante (reactanţa şi rezistenţa ohmică).

Pentru cabluri, valorile obţinute din grafice sînt valori medii.

Dacă se cere o determinare de o precizie mai mare, se vor lua în considerare la bare şi rezistenţele ohmice de contact, socotind pentru fiecare îmbinare cu buloane cîte 0,5 mΩ.

În cele ce urmează se demonstrează modul de utilizare practică a acestor diagrame, în cadrul unui exemplu de calcul.

Exemplul II

Să se determine valorile curentului de scurtcircuit în instalaţia de distribuţie de joasă tensiune, avînd configuraţia conform schemei din fig. 5 pentru punctele *A*, *B* şi *C*.

1. *Scurtcircuit în punctul A pe barele generale de 400 V*

Din diagramele 1/400 şi 2/400 (fig. 3) se obţin următoarele valori:

	Rezistenţe mΩ	Reactanţe mΩ
a) 1 transformator de 1 000 kVA, cu $u_{sc} = 6,5\%$:	$R_{tr} = 1,65$ mΩ	$X_{tr} = 7,7$ mΩ
— Rezistenţa rezultantă pentru două transformatoare în paralel:	$\frac{R_{tr}}{2} = \frac{1,65}{2} =$ 0,83	
— Reactanţa rezultantă pentru două transformatoare în paralel:		$\frac{X_{tr}}{2} = \frac{7,7}{2} =$ 3,85
b) 50 m cablu CPHB-3 × 240 mm² cu	$R_c = 380$ mΩ	$X_c = 3,60$ mΩ
— Rezistenţa rezultantă pentru cele opt cabluri în paralel:	$\frac{R_c}{8} = \frac{3,80}{8} =$ 0,48	
— Reactanţa rezultantă pentru cele opt cabluri în paralel:		$\frac{X_c}{8} = \frac{3,60}{8} =$ 0,45
	1,31	4,30

În diagrama 3/400 (fig. 3) la valorile de coordonate de $R_A = 1,31$ mΩ şi $X_A = 4,30$ mΩ corespunde o valoare a curentului de scurtcircuit în punctul *A*, de 45 000 A sau 45 kA.

2. *Scurtcircuit în punctul B, pe barele unui post de distribuţie de 400 V*

Din diagrama 2/400 (fig. 3) se obţin următoarele valori:

	Rezistenţe mΩ	Reactanţe mΩ
a) 160 m cablu ACPHB-3 ×150 mm² Al		
$R_{cCu} \times 1,6 = 17 \times 1,6 =$	27,2 mΩ	
$X_c =$		11,5 mΩ
— Rezistenţa rezultantă pentru două cabluri:		
$\frac{R_{c\,Al}}{2} = \frac{27,2}{2} =$	13,60	

— Rezistența rezultantă pentru două cabluri :

$\frac{X_c}{2} = \frac{11,5}{2} =$		5,75
	13,60	5,75
La care se adaugă respectiv rezistența și reactanța căii de curent de la bornele secundare ale transformatorului pînă la pct. *A*. =	1,31	4,30
	14,91	10,05

În diagrama 3/400 (fig. 3) la valorile de coordonate de $R_B = 14,91$ mΩ și $X_B = 10,05$ mΩ corespunde o valoare a curentului de scurtcircuit în punctul *R*, de 12 500 A sau 12,5 kA.

3. *Scurtcircuit în punctul C la bornele motorului alimentat de la barele unui punct de alimentare de 400V*

Din diagrama 2/400 (fig. 3) se obțin următoarele valori :

	Rezistențe mΩ	Reactanțe mΩ
a) 350 m linie aeriană-3 × 95 mm² Al, cu conductoare dispuse în plan orizontal :		
$R_{Al} = R_c \times 1,6 = 67 \times 1,6 =$	113,90	
Valoarea reactanței de 112 mΩ citită din diagramă pentru dispoziția în triunghi a conductoarelor trebuie multiplicată ca factorul $\sqrt{2} = 1,26$ pentru a obține reactanța liniei cu conductoare dispuse în plan :		
$X = 112 \times 1,26 =$		141,12
	113,90	141,12
La care se adaugă respectiv rezistența și reactanța căii de curent dintre bornele secundare ale transformatorului și punctul *B* :	14,91	10,05
	128,81	151,17

În diagrama 3/400 (fig. 3) la valorile de coordonate de $R_c = 128,81$ mΩ și $X_c = 151,17$ mΩ, corespunde o valoare a curentului de scurtcircuit în punctul *C* de 1 120 A sau 1,12 A

Indicații de utilizare a metodelor de determinare și concluzii

Cu ajutorul metodei de determinare a valorii curentului de scurtcircuit din instalațiile de joasă tensiune, energeticianul industrial este în măsură ca în baza cunoașterii puterilor de rupere a aparatajului să aprecieze gradul în care instalația poate face față efectelor curentului de scurtcircuit maxim posibil în diferitele puncte ale instalației.

După stabilirea aparatajului necorespunzător care trebuie înlocuit, aparatajul nou de conexiune și protecție se alege pe criteriul datelor tehnice din cataloagele de specialitate, stabilindu-se pentru fiecare aparat în parte următoarele date, după indicațiile din catalog :

— intensitatea nominală de serviciu maximă admisibilă, în A ;

— curentul de rupere maxim admisibil, în A ;

— intensitatea nominală maximă admisibilă a siguranței fuzibile de înseriat cu aparatul, pentru toate aparatele pentru care fabricantul admite sau impune acest mod de protecție de scurtcircuit, în A.

Aparatajul trebuie ales pe considerente tehnico-economice. Numărul întreruptoarelor automate de pute. e pentru instalații de mare putere, robuste cu protecția complexă de suprasarcină, scurtcircuit și de minimă tensiune, se va reduce la minimum posibil, și numai pentru acele locuri unde valoarea curentului de scurtcircuit și importanța economică a unei funcționări sigure a aparatajului justifică această cheltuială. In acest fel se prezintă cazul întreruptorului general de joasă tensiune la bornele secundare ale transformatorului de alimentare, pe plecări importante etc. și, în general, acolo unde o declanșare inoportună sau de durată mai lungă ar da naștere la pagube mari.

In toate celelalte cazuri, se vor prefera contactoarele ușoare și ieftine, respectiv întreruptoarele automate pentru receptoare (motoare), înseriate pentru protecția contra scurtcircuitului cu siguranțe lente de mare putere de rupere, soluții care pe lîngă că sînt foarte economice în ceea ce privește cheltuielile de investiții, permit pe de o parte simplificarea organelor de manevră, putînd fi reduse la majoritatea mașinilor de lucru la unul singur, iar în cazul contactoarelor, datorită proprietăților excepționale ale acestora de a se preta la un număr mare de manevre fără a necesita reparații, realizarea de economii însemnate la cheltuielile de întreținere.

O simplificare importantă și o ieftinire a instalației se mai poate realiza în instalațiile în care scurtcircuitele sînt rare, prin utilizarea generalizată pentru manevre și protecție contra suprasarcinii, a automatelor și a contactoarelor mici, cu instalarea de siguranțe de mare putere de rupere, pentru protejarea colectivă împotriva scurtcircuitului a unui număr mai mare de motoare de acționare.

Pentru o orientare generală s-au indicat mai jos unele valori medii de curenți de rupere maxim admisibili pentru diferite aparate de conexiune și protecție de joasă tensiune, moderne, de fabricație curentă.

Valorile indicate au caracter pur informativ, acestea neputînd fi utilizate pentru alegerea aparatajului de înlocuire, operație care nu poate

fi efectuată decît pe baza datelor tehnice din listele de aparataj, garantate de fabricile furnizoare.

Tablou cu valori informative asupra curenților de rupere pentru aparate de j.t

– Patroane pentru siguranțe unipolare cu filet, rapide (DZ)	10 000 A
– Patroane pentru siguranțe unipolare cu filet, lente-normale (TK)	20 000 A
– Patroane pentru siguranțe unipolare cu filet, lente-speciale (TDZ)	28 000 A
– Siguranțe de joasă tensiune, de mare putere de rupere, închise (formă butoiaș)	
La 220 V c.a. pentru 20–600 A	130 000 – 35 000 A
La 380 V c.a. pentru 20–600 A	115 000 – 30 000 A
La 500 V c.a. pentru 20–600 A	100 000 – 25 000 A
– Întreruptoare automate de putere pentru instalații (de exemplu întreruptoare principale de distribuție etc.)	$100 \times I_n$
– Întreruptoare automate pentru protecția receptoarelor (motoarelor) cu sarcina inductivă (pentru 220, 380 și 500V)	
mici și mijlocii (15 A)	$25-17\ I_n$
mari (25–600 A)	$12-10\ I_n$
– Contactoare pentru sarcina inductivă (cu suflaj)	$12-6\ I_n$

Pentru întreruperea curentului de scurtcircuit contactoarele și întreruptoarele automate de protecție pentru motoare în toate cazurile vor fi înseriate cu siguranțe fuzibile de mare putere.

Înserierea de siguranțe fuzibile în acest scop cu întreruptoarele automate de putere (pentru instalații) este obligatorie numai în cazul în care valoarea curentului de scurtcircuit din locul de instalare al automatului este mai mare decît curentul de rupere maxim admisibil al întreruptorului (în general numai în cazul în care curentul nominal al întreruptorului este mai mic decît $20-25 \times I_n$ al transformatorului).

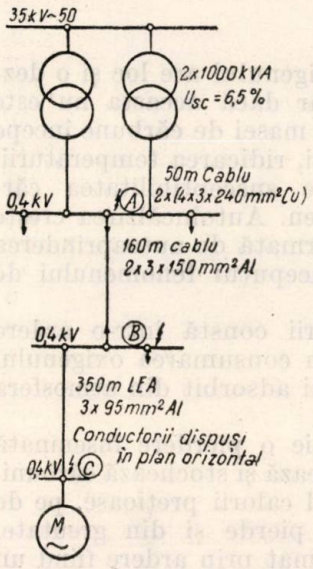


Fig. 5.

Avînd în vedere că costul de achiziționare al aparatajului cu mare putere de rupere este extrem de ridicat în raport cu aparatajul normal, în toate țările s-au luat măsuri pentru limitarea valorii maxime a curentului de scurtcircuit din instalațiile de joasă tensiune, la valori care în general nu depășesc 30 000 A (30 kA), cifră care în cazul tensiunii de utilizare directă de 400V, limitează puterea instalată în posturile de transformare la circa 1 000 kVA (exemplul de calcul I). În aceste cazuri necesitatea utilizării întreruptoarelor automate de putere se limitează la un întreruptor principal și pe plecările de la barele principale pe care debitează direct secundarul transformatorului.

Din această constatare rezultă o concluzie foarte prețioasă, și anume aceea că, în instalații în care alimentarea se asigură prin două sau mai multe transformatoare funcționînd în paralel, curentul de scurtcircuit poate fi redus prin mijloace naturale, adică prin modificarea schemei de principiu, fie prin desfacerea buclei, acolo unde rețeaua este buclată, fie prin secționarea barelor colectoare, acolo unde rețeaua este radială-arborescentă.

În cazurile în care nu există posibilitatea micșorării curentului de scurtcircuit prin mijloace naturale, se recomandă examinarea sub raport tehnico-economic a oportunității adoptării mijloacelor artificiale, prin instalarea de bobine de reactanță, înlocuirea transformatoarelor cu tensiuni de scurtcircuit reduse etc.

Urmărirea competentă și atentă a problemei evoluției valorii curentului de scurtcircuit în instalațiile de joasă tensiune a unităților economice și luarea din timp a măsurilor necesare, pe considerente tehnico-economice specifice fiecărei exploatări, se dovedește în toate cazurile o acțiune eficace pentru prevenirea pierderilor în producție datorită întreruperilor în alimentarea cu energie electrică a liniilor tehnologice. Majoritatea întreruperilor de durată mai mare se datoresc necesității înlocuirii aparatajului distrus, ca urmare a depășirii valorii curentului de rupere maxim admisibil.

ANEXA 1

S-a arătat în cele de mai sus că în cazul transformatoarelor de construcție normală tensiunea de dispersiune u_x are valori atît de apropiate de aceea a tensiunii de scurtcircuit u_{sc}, încît în calculele practice ale curentului de scurtcircuit se folosește aproape exclusiv această din urmă valoare, care se poate citi direct de pe plăcuțele indicatoare ale transformatoarelor.

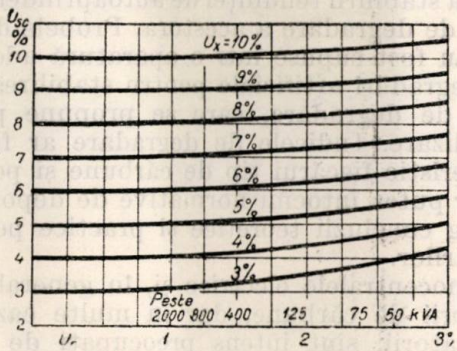


Fig. 6. Diagrama pentru determinarea valorii lui u_x în funcție de u_{sc} și u_r.

Numai în cazul transformatoarelor speciale avînd tensiuni mici de dispersiune și pierderi mari în înfășurări, această diferență devine mai importantă, și poate fi luată în considerare în calcul, după caz. Astfel, în cazul unui transformator cu 2,6% pierderi în înfășurare, deci avînd $u_r = 2{,}6\%$, iar tensiunea de scurtcircuit fiind de $u_{sc} = 4\%$, valoarea tensiunii de dispersiune se determină din următoarea relație cunoscută:

$$u_x = \sqrt{u_{sc}^2 - u_r^2} = \sqrt{4^2 - 2{,}6^2} = \sqrt{9{,}24} = 3{,}04\% \cong 3\%$$

Pentru astfel de cazuri, sau cînd se cere o determinare foarte exactă a curentului de scurtcircuit, valoarea precisă a tensiunii de dispersiune u_x se obţine fără calcule, din diagrama din figura 6.

Pe partea superioară a scării orizontale a diagramei sînt înscrise valorile puterii aparente ale transformatoarelor de distribuţie, de construcţie normală, pentru valorile pierderilor în înfăşurare înscrise în partea inferioară a scării orizontale, în % din tensiunea nominală.

Această diagramă dă o imagine clară a micşorării diferenţei dintre valorile u_{sc} şi u_x pentru valori crescînde ale acesteia din urmă şi descrescînde ale pierderilor în înfăşurări; de asemenea se observă că această diferenţă devine mai mică pentru transformatoare avînd puteri aparente mai mari.

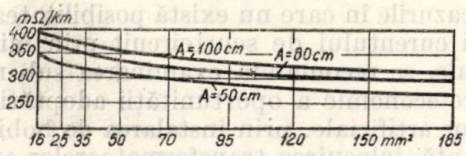


Fig. 7. Reactanţa în m Ω/km în funcţie de secţiunea liniei aeriene pentru diferite distanţe între conductoare.

ANEXA 2

Diagrama din fig. 7 serveşte la determinarea mai exactă a reactanţei liniilor aeriene de joasă tensiune în funcţie de secţiunea conductoarelor pentru distanţe diferite între conductoare (A = 0,5 ... 0,8 ... 1,0 m), pentru cazul dispoziţiei conductoarelor în Δ.

În cazul dispoziţiei conductoarelor într-un plan vertical, orizontal sau înclinat, mărindu-se distanţa medie dintre conductoare în raport cu aceea corespunzătoare dispoziţiei în Δ, pentru a obţine valoarea reactanţei liniei pe unitate de lungime (în mΩ/km), valoarea citită din diagramă urmează să fie înmulţită cu factorul $\sqrt[3]{2} = 1{,}26$.

Bibliografie

[1] Arhipov N. K.: *Calculul curenţilor de scurtcircuit* (traducere din limba rusă). Editura Tehnică, Bucureşti, 1958.

[2] Blaschke H.: *Motorschutz* — VEB. Verlag Technik, Berlin, 1954.

[3] Reinschagen H.: *Vereinvachtes Verfahren zur Bestimmung der Kurzschlussströme in Drehstrom Niederspannungsanlagen.* Siemens — Zeitschrift Berlin, Januar, 1930 — S. 29, 37.

[4] Babikov M. A.: *Aparate electrice* (vol. II) *„Aparate de joasă tensiune"* (traducere din limba rusă). Editura Tehnică, Bucureşti, 1959.

[5]. ***: *Indreptar electrotehnic* (traducere din limba rusă). Editura Energetică de Stat, Bucureşti, 1954.

[6] ***: *BBC Handbuch für Schaltanlagen.* Brown Boveri & Cie, Mannhein, 1956.

DISCUŢII

Aplicarea indicelui de degradare la combustibili solizi

Din partea redacţiei

SZÉKELY LADISLAU

Autorul foloseşte noţiunea de „indice de degradare" pentru a scoate în evidenţă degradarea cărbunelui prin auto-oxidare. Termenul este discutabil deoarece cărbunele se poate degrada şi altfel. In lucrare, autorul propune introducerea pe scară naţională şi internaţională a „indicelui de degradare" specific nd că acest indice ar servi pentru stabilirea condiţiilor de depozitare. Trebuie menţionat că în această situaţie ar trebui elaborate norme de depozitare după natura cărbunelui (huilă, antracit, lignit etc.), după sorturi (0—10mm, 10—20mm etc.), după tipuri, după conţinutul de steril etc.

Articolul se publică pentru a fi supus discuţiilor.

În prezentul studiu se arată rezultatele unor încercări făcute la cîteva tipuri de cărbune în vederea stabilirii tendinţei de autoaprindere, respectiv de degradare a acestora. Probele de cărbune au fost supuse într-o aparatură adecvată unei degradări artificiale pentru stabilirea unui indice de degradare, care se propune pentru generalizare. Indicele de degradare ar fi ceva caracteristic fiecărui tip de cărbune şi pe baza lui s-ar putea întocmi normative de depozitare. Se trag concluzii teoretice şi practice pe baza încercărilor.

Termocentralele electrice şi, în general, consumatorii de cărbune, dar în multe cazuri şi producătorii, sînt intens preocupaţi de depozitarea cît mai bună şi avantajoasă a combustibilului solid pe care îl au în rezervă.

Cărbunii depozitaţi se autoîncălzesc şi se degradează, în special dacă nu s-au luat măsuri de protejare şi dacă depozitarea nu s-a efectuat conform prescripţiilor.

Cărbunii pot fixa oxigen prin adsorbţie la suprafaţa lor. Cu cît sînt mai bogaţi în oxigen constituţional şi în materii volatile, cu atît este mai mare puterea de adsorbţie.

Odată cu fixarea oxigenului are loc şi o dezvoltare de căldură, iar dacă aceasta nu este evacuată, temperatura masei de cărbune începe să crească. La rîndul ei, ridicarea temperaturii, autoîncălzirea, sporeşte susceptibilitatea cărbunilor de a fixa oxigen. Autoîncălzirea creşte în continuare şi este urmată de autoaprinderea cărbunilor, deci de începutul fenomenului de degradare.

Fenomenul degradării constă într-o ardere lentă a cărbunilor prin consumarea oxigenului constituţional şi a celui adsorbit din atmosfera direct înconjurătoare.

Degradarea constituie o pierdere însemnată pentru cei care depozitează şi stochează cărbuni. Pe de o parte, se pierd calorii preţioase, pe de altă parte, cărbunele pierde şi din greutate, bioxidul de carbon format prin ardere fiind un gaz care se elimină. În mod secundar la scăderile în greutate contribuie şi faptul că o dată cu autoîncălzirea cărbunelui se pierde şi o cantitate din umiditatea iniţială a cărbunelui; această scădere în greutate provocată de reducerea umidităţii este avantajoasă, ameliorîndu-se calitatea cărbunelui. Această ameliorare însă

acoperă numai o mică parte a pierderilor cauzate de scăderea greutății în urma arderii încete.

Începutul procesului de oxidare este marcat de o creștere neînsemnată a greutății cărbunelui, datorită adsorbției primelor cantități de oxigen;

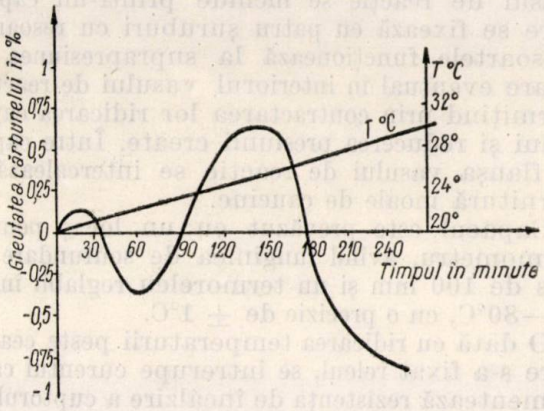


Fig. 1.

creșterea în greutate este urmată imediat de o micșorare sensibilă a greutății, ceea ce pare a fi legat de eliminarea unor gaze și de descompunerea complecșilor oxigenați. Această scădere în greutate este urmată de o nouă creștere, care depășește greutatea inițială, datorită adsorbției mai intense de oxigen o dată cu ridicarea temperaturii. Scăderea bruscă în greutate, care este însoțită și de degajare de fum, indică începutul procesului propriu-zis de degradare. În figura 1 este redată variația greutății cărbunelui B M A supus — în aparatul de degradare — fără încălzire exterioară, acțiunii unui curent de oxigen cu viteza de 10 l oxigen pe oră.

Pentru a putea stabili la fiecare sort de cărbune tendința lui de degradare în așa fel ca cei ce au stocuri de cărbune să cunoască comportarea acestuia la depozitare, ar fi necesară introducerea unui indice de degradare. Stabilind pe rînd pentru fiecare categorie, sort și tip de cărbune acest indice, s-ar putea întocmi ulterior tabele și instrucțiuni pentru o depozitare optimă.

Un astfel de indice ar avea avantajul că ar ușura și clasificarea mai obiectivă a cărbunilor și ar fi una dintre caracteristicile principale ale proprietăților fizico-chimice cu care sînt prezentați cărbunii. Pentru stabilirea unui asemenea indice, se pune problema creării unei aparaturi practice, cît mai simple, ușor de construit, în care și durata efectuării probei să nu fie prea lungă. În caz de reușită a introducerii pe scară națională a acestei aparaturi și a indicelui de degradare, se poate ridica problema aplicării lor pe scară internațională, în mod analog cum au fost introduse anumite probe de calitate la uleiuri de diferite tipuri, combustibili lichizi etc.

Aparatura întrebuințată este reprezentată în figura 2. În principiu, s-a urmărit crearea unor condiții, comparabile cu cele naturale, în care se produce degradarea. Cărbunele este supus în aparatură unui curent de oxigen la o temperatură care corespunde temperaturii de degradare maximă ce se poate admite și în practică. Din cele peste cincizeci de încercări efectuate s-a constatat că fixarea oxigenului devine apreciabilă, în special, în jurul temperaturii de 55°C. Bioxidul de carbon începe să se degaje în cantități mai abundente de la temperatura de 50°C. La 55°C degajarea de CO_2 crește, iar de la 60°C în sus fenomenul se accentuează foarte mult. Se pare că această temperatură este o temperatură critică, pe care nu este voie s-o depășim, dacă vrem să ținem reacția sub control.

Peste 70°C formarea bioxidului de carbon devine atît de importantă, odată cu o creștere continuă a temperaturii, datorită arderii intense a cărbunilor, încît reacția nu mai poate fi controlată, mai ales la cărbunii inferiori.

Totodată apare și pericolul unei arderi spontane, care ar distruge instalația și poate provoca accidente.

Pe baza acestor considerente s-a ales ca temperatură optimă a încercărilor temperatura de 55°C, care în aparatura arătată se poate respecta cu variații de ± 1°C.

Mostra de cărbune, din care se ia proba supusă determinării, trebuie să oglindească în mod

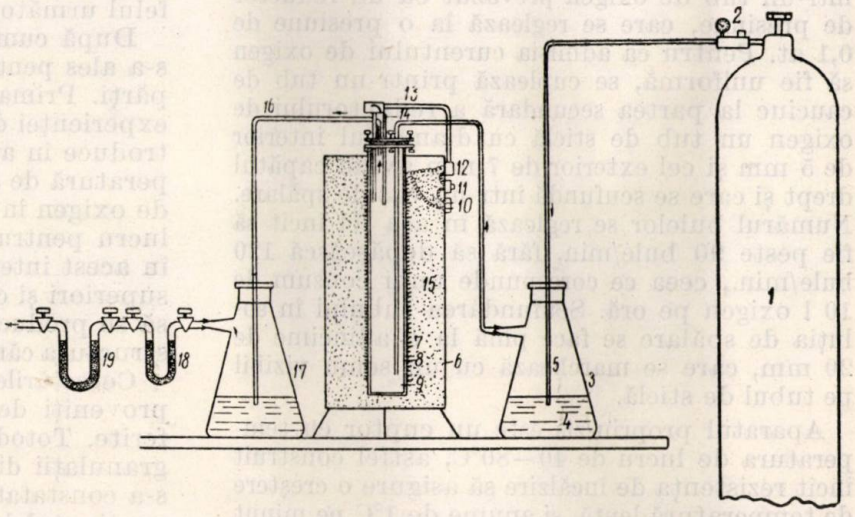


Fig. 2.

fidel lotul din care provine. De asemenea, granulația probei are un rol hotărîtor asupra rezultatelor ce se vor obține. Întrucît dimensiunea aparatului este redusă, pentru granulațiile superioare trebuie stabilite condiții speciale. Astfel, la sortimentele de cărbune de granulație

inferioară (0—5 ; 0—10 ; 0—16 ; 10—16 ; 0—20 mm) se respectă luarea mostrelor și constituirea probei prin analiză în conformitate cu prevederile STAS 1372-57 pct. 3.2 în vigoare, aplicîndu-se metoda reducerii mostrei mari după metoda sferturilor.

Din proba de laborator se separă o probă medie de 1 kg, din care jumătate se supune analizei ca atare, și cealaltă jumătate se introduce în aparat și se supune analizei după terminarea experienței de degradare artificială.

La sorturile de granulație superioară se face o probă granulometrică determinîndu-se procentajul în granulație de 0—20 mm și 20—800 mm din mostra mare. Din cota parte de 0—20 mm se face o probă mică, iar cota parte de 20—800 mm se zdrobește pînă trece întreaga cantitate printr-un ciur de 20 mm. Subgranulația de 0—10 mm se separă și se îndepărtează. Se constituie o probă medie din partea rămasă de 10—20 mm (din cantitatea inițială zdrobită).

Proba care se supune experienței este un amestec constituit din granulație 0—20 mm și 10—20 mm, în aceeași proporție în care erau prezente în mostra mare, la care s-a făcut determinarea granulometrică.

Acest amestec binar se împarte în două. Din prima parte se constituie proba pentru analiză directă, iar a doua parte se introduce în aparat pentru a fi supusă degradării artificiale.

Temperatura camerii în care se efectuează proba trebuie să fie de 18°C cu variații de ± 2°C, pentru ca eventualele oscilații mai mari de temperatură să nu influențeze rezultatele.

Alimentarea cu oxigen a aparatului se face într-un tub de oxigen prevăzut cu un reductor de presiune, care se reglează la o presiune de 0,1 at. Pentru ca admisia curentului de oxigen să fie uniformă, se cuplează printr-un tub de cauciuc la partea secundară a reductorului de oxigen un tub de sticlă cu diametrul interior de 5 mm și cel exterior de 7 mm avînd capătul drept și care se scufundă într-un vas de spălare. Numărul bulelor se reglează în așa fel încît să fie peste 90 bule/min, fără să depășească 120 bule/min., ceea ce corespunde unui consum de 10 l oxigen pe oră. Scufundarea tubului în soluția de spălare se face pînă la o adîncime de 20 mm, care se marchează cu un semn vizibil pe tubul de sticlă.

Aparatul propriu-zis este un cuptor cu temperatura de lucru de 40—80°C, astfel construit încît rezistența de încălzire să asigure o creștere de temperatură lentă, și anume de 1°C pe minut pînă la atingerea temperaturii medii de lucru de 55°C. Interiorul cuptorului este constituit dintr-un perete de șamotă de 5 mm grosime, care are înfășurată în partea exterioară o rezistență electrică. Spațiul dintre peretele de șamotă și peretele exterior al cuptorului este umplut cu nisip șamot. În interiorul cuptorului se introduce vasul de reacție. Acesta este un vas cilindric, confecționat din alamă sau fier, de dimensiunile de $Ø = 45$ mm și $H = 380$ mm, deci cu o capacitate utilă de 600 cm^3. Dimensiunea camerei de încălzire în interiorul tubului de șamotă este de $Ø = 50$ mm și $H = 375$ mm. Vasul de reacție se închide printr-un capac, care se fixează cu patru șuruburi cu resoarte. Resoartele funcționează la suprapresiunea ce apare eventual în interiorul vasului de reacție, permițînd prin contractarea lor ridicarea capacului și reducerea presiunii create. Între capac și flanșa vasului de reacție se intercalează o garnitură moale de cauciuc.

Capacul este prevăzut cu un locaș pentru termometru, avînd lungimea de scufundare în vas de 100 mm și un termoreleu reglabil între 40—80°C, cu o precizie de $\pm$ 1°C.

O dată cu ridicarea temperaturii peste cea la care s-a fixat releul, se întrerupe curentul care alimentează rezistența de încălzire a cuptorului. Același lucru se întîmplă și la ridicarea capacului la demontare, sau la o suprapresiune creată în vasul de reacție.

Tot pe capac este montat tubul de admisie al oxigenului, care intră pînă la 20 mm distanță de fundul vasului, și tubul de evacuare a gazelor, care intră în vasul de reacție la o adîncime de 25 mm de la partea interioară a capacului.

Gazele evacuate se conduc printr-un vas de spălare de unde sînt trimise în continuare printr-un vas de absorbție cu clorură de calciu și hidroxid de potasiu, pentru absorbția umidității și a bioxidului de carbon. În locul vaselor de absorbție se poate cupla și un aparat Orsat pentru determinarea compoziției gazelor.

Executarea probei de degradare se face în felul următor :

După cum s-a văzut, proba de cărbune care s-a ales pentru determinare se împarte în două părți. Prima parte se supune analizei, înaintea experienței de degradare. A doua parte se introduce în aparatul descris și se ține la o temperatură de 55°C, timp de 48 de ore în curentul de oxigen în felul arătat. S-a ales acest timp de lucru pentru că probele efectuate au arătat că în acest interval de timp acționează și cărbunii superiori și cei inferiori în mod concludent, fără să se producă o legare excesivă a oxigenului în structura cărbunelui *).

Cercetările făcute s-au rezumat la cărbunii proveniți de la trei exploatări carbonifere diferite. Totodată s-au făcut încercări la diferite granulații din același sort de cărbune, întrucît s-a constatat că degradarea este în funcție și de conținutul de steril al cărbunelui respectiv (două probe din același strat de cărbune, dacă au un conținut diferit de steril, nu rezistă în mod egal degradării). De asemenea, un rol important îl joacă și suprafața liberă a cărbunelui expus acțiunii oxigenului, deci granulația.

*) După trecerea celor 48 de ore cărbunele expus experienței este și el analizat.

S-au făcut încercări cu cărbunele brun mat notat B M A și altul B M S și cu cărbunele brun lucios (smolos) notat B S C.

Cărbunele B M A la fel și B M S este format din perioada paleogen, etajul oligocen superior — acvitanic, pe cînd B S C este din perioada jurasic inferior, etajul liasic.

Din cărbunele B M A s-au făcut probe de degradare, atît din sortul 0—16 mm cît și din sortul 16—350 mm. Precum se poate constata din tabela 2 variația procentuală a puterii calorifice este mai mare la sortul 0—16 mm, care și calitativ este mai slab decît sortul 16—350 mm. În consecință, pentru același cărbune de sortiment diferit trebuie fixată o altă normă de depozitare.

Cărbunele B M S este originar dintr-un strat înrudit cu cărbunele B M A și provine din același bazin carbonifer. Totuși, sortul 0—16 mm al acestui cărbune se comportă asemănător cu cărbunele B M A, sortul 16—300 mm. Acest lucru se datorește cărbunilor B M S care au o altă constituție, în special în ceea ce privește incluziunile de steril.

Tabela 1

Cărbunele supus analizei	Umiditatea inițială, %	Materii volatile inițiale, %	Carbon fix inițial, %	Cenușa la cărbune anhidru, %	Putere calorifică superioară la carbune anhidru, kcal/kg	Put. cal. inf. la cărbune anhidru, kcal/kg	Hidrogen la cărbun anhidru %	Put. cal. sup. la masa combustibilă, kcal/kg	Put. cal. inf. la masa combustibilă, kcal/kg	Materii volatile la masa comb., %	Carbon fix la masa comb., %	Hidrogen la masa comb., %	Put. cal. inf. la materii volatile, kcal/kg
B.M.A. sort 16 mm înainte de degradare	11,38	24,70	26,01	42,78	4 132	3 963	3,13	7 221	6 926	48,71	51,29	5,48	5 711
Idem după degradare	10,00	27,45	23,81	43,04	3 815	3 646	3,14	6 699	6 401	53,55	46,45	5,52	4 945
B.M.A. sort 16—350 mm înainte de degradare	10,94	37,00	38,38	15,36	6 548	6 297	4,65	7 736	7 440	49,08	50,92	5,49	6 776
Idem după degradare	6,01	36,40	43,15	15,36	6 242	5 992	4,64	7 375	7 079	45,76	54,24	5,49	5 891
B.M.S. sort 0—16 mm înainte de degradare	8,31	31,33	29,22	33,96	4 605	4 409	3,63	6 974	6 677	51,74	48,26	5,50	5 369
Idem după degradare	5,23	30,96	31,14	34,47	4 385	4 191	3,60	6 692	6 396	49,85	50,15	5,49	4 702
B.S.C. sort 10—16 mm înainte de degradare	11,65	23,65	25,00	44,93	3 520	3 372	2,75	6 392	6 123	48,61	51,39	4,99	4 055
Idem după degradare	9,13	23,07	26,81	45,10	3 340	3 190	2,74	6 085	5 816	46,25	53,75	4,98	3 185

Tabela 2

Variația calității la degradare	Umiditatea în % abs.	Cenușa la cărbune anhidru, în % abs.	Puterea calorifică superioară la cărbune anhidru, în %	Puterea calorifică inferioară la cărbune anhidru, în %	Puterea calorifică inferioară la masa combustibilă, în %	Materii volatile în % abs.	Puterea calorifică inferioară la materii volatile, în %
Nr. coloană	1	2	3	4	5	6	7
B.M.A. 0 — 16 mm	—1,38	+0,26	—7,67	—8,0	—7,58	+4,84	—13,41
B.M.A. 16 — 350 mm	—4,93	—	—4,67	—4,84	—4,83	—1,89	—13,06
B.M.S. 0 — 16 mm	—3,08	+0,51	—4,77	—4,94	—4,20	—3,32	—12,42
B.S.C. 10 — 16 mm	—2,52	+0,17	—5,11	—5,39	—5,01	—6	—21,45

Extras din STAS-uri *Tabela 3*

Sort de cărbune	B.M.A. Sort 0—16 mm	B.M.A. Sort 16—350 mm	B.M.S. Sort 0—16 mm	B.S.C. Sort 10—16 mm
Umiditatea, %	11,5— 13,5	10,5— 12,5	14—16	9—10
Cenuşa la cărbune anhidru, %	41—44	29—31	39—41	31—33
Materii volatile, %	26—30	31—35	25—27	30—32
Puterea calorifică inferioară, kcal/kg	3 200—3 400	3 900—4 100	3 050—3 350	4 150—4 400**
Puterea calorifică inferioară la cărbunele anhidru, kcal/kg*	3 700—4 000	4 450—4 750	3 650—4 050	4 600—4 900

* Calculat de autor după compoziţia cărbunelui.
** Produsul mediu în ultimii ani era de 2 900—3 000 kcal/kg şi prezenta devieri mai mari de la STAS decît celelalte sorturi.

La cărbunele B S C s-a ales sortul 10—16 mm pentru exprienţă, din motivul că acest sortiment are conţinutul cel mai ridicat de steril.

Din punct de vedere al rezistenţei la degradare, acesta este cu puţin inferior cărbunelui B M A sort 16—350 mm şi B M S sort 0—16 mm.

Concluzii

În urma rezultatelor obţinute se pot trage următoarele concluzii :

1. La începutul fenomenului de degradare se fixează oxigenul în structura intimă a cărbunelui şi numai după aceasta se produce consumarea lui în timpul degradării. Din această cauză există o regenerare permanentă a materiilor volatile, pe seama conţinutului de carbon fix din cărbune. Aceasta explică faptul că în unele cazuri, la un cărbune degradat se găseşte

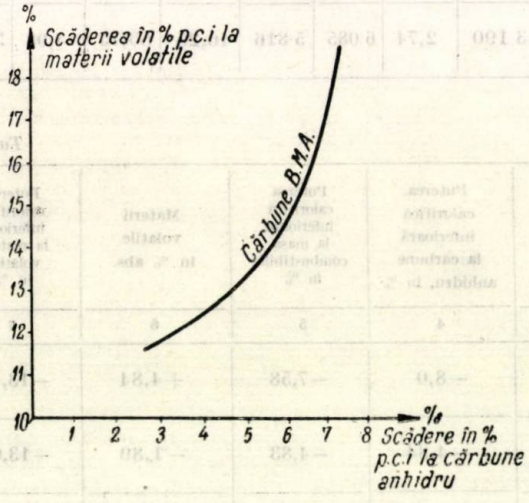


Fig. 3.

acelaşi procent de materii volatile sau uneori chiar unul mai mare decît în proba iniţială nedegradată. În orice caz, chiar în cazul unei scăderi oarecare a materiilor volatile, aceasta nu este niciodată echivalentă sau în concordanţă directă cu gradul de degradare.

O scădere apreciabilă se constată la puterea calorifică a conţinutului de materii volatile,

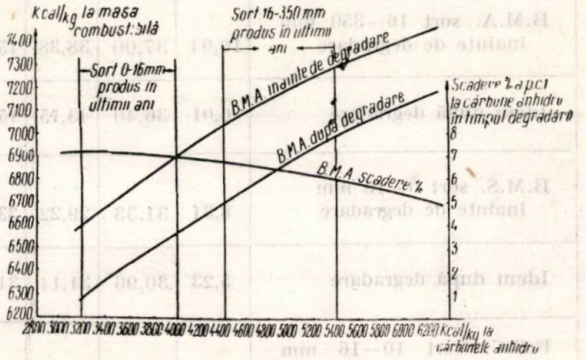


Fig. 4.

scădere care nu urmează curba scăderii p.c.i. a cărbunelui sau a masei combustibile. Curba scăderii p.c.i. a materiilor volatile este o curbă exponenţială faţă de scăderea p.c.i. a cărbunelui în timpul degradării (fig. 3).

2. Se poate constata că sortimentele de cărbune care se degradează mai uşor suferă o scădere a puterii calorifice inferioare echivalentă cu gradul de degradare. Cea mai obiectivă cifră a degradării este scăderea puterii calorifice raportate la cărbunele anhidru sau masa combustibilă.

3. Puterea calorifică a masei, combustibile este şi în funcţie de conţinutul de steril al cărbunelui respectiv, a puterii calorifice inferioare a cărbunelui, iar variaţia p.c.i. a masei combustibile în timpul degradării variază odată cu schimbarea calităţii la cărbunii de aceeaşi provenienţă geologică şi stratografică. Curba variaţiei puterii calorifice a cărbunelui degradat urmează curba variaţiei cărbunelui iniţial în linie paralelă, precum se vede în figura 4.

4. Pentru alegerea indicelui de degradare se recomandă a se aplica cifra directă a scăderii p.c.i. raportată la cărbunele anhidru. Se alege un număr de zece probe ale căror puteri calorifice reprezintă o medie realizată de exploatarea respectivă în ultima perioadă, iar scăderea p.c.i. exprimată în procente s-ar putea considera drept indice de degradare.

Cu cît se apropie mai mult acest indice de O, cu atît este mai redusă tendința de degradare a cărbunelui. În tabela 2 în coloana a 3-a sînt prezentate cifrele privitoare la exemplele studiate.

Propunerile pentru întocmirea unui normativ de depozitare a tuturor cărbunilor, pe baza indicilor de degradare, constituie tema unui alt studiu.

Datele obținute la cele patru sortimente confirmă experiența practică, care arată că sortul 0—16 mm al cărbunelui B M A rezistă la depozitare în condiții analoge circa 2/3 din timp cît rezistă celelalte sorturi studiate.

Bibliografie

[1] B l u m I., prof. dr. ing.: *Combustibili solizi.* Manualul inginerului chimist, volumul *V.* Editura Tehnică București 1957.

[2] B e a u s e i g n e u r G.: *Étude de l'auto-oxydation d'une houille.* Flamme et termique 1959 nr. 4 — Paris.

[3] S z é k e l y L.: *Un cărbune de tip* B M *din punct de de vedere al utilizării la combustiune* anul *I*, nr. 12 București, 1953.

[4] S z é k e l y L., B a b e ș V.: *Considerații în legătură cu repartițiile și recepția combustibilului solid în centrale termoelectrice*, Energetica, anul *V*, 1957 nr. 10, București.

DIN PRODUCȚIE

Utilizarea rațională a energiei electrice la I. I. S. „Fulger"

Fabrica „Fulger" este alimentată cu energie electrică de la rețeaua regională de 15 kV prin intermediul unui post de transformare compus din două transformatoare de 420 kVA fiecare. Postul de transformare se găsește amplasat pe teritoriul fabricii și este echipat cu două transformatoare de 420 kVA, 15/04 kV, 50 Hz. Puterea instalată în postul de transformare este acoperitoare față de necesitățile cerute de procesul tehnologic al fabricii.

Specificul acestei întreprinderi este fabricarea spirtului, a drojdiei comprimate și a conservelor, ca produse principale, iar ca produse secundare se fabrică: malț de bere, acid carbonic, mușt ar, ambalaje metalice, marmeladă, pastă de roșii etc.

Producția de spirt și drojdie este o producție continuă, perioada de remont fiind singura în care nu se lucrează în această secție.

Producția de conserve este o producție sezonieră, de asemenea sezonieră fiind și producția de malț de bere.

În general, procesele tehnologice ale acestei fabrici sînt procese în care au loc schimburi de căldură, datorită intervenției unor purtători de energie, așa că numai printr-o gospodărire cît mai judicioasă a tuturor formelor de energie s-a putut și se poate realiza planul de producție și totodată prețul de cost al produselor.

Problema utilizării raționale a energiei electrice a fost studiată în fabrica „Fulger" sub toate aspectele posibile. În ceea ce privește perioada de utilizare a energiei electrice în cursul unei zile și modul de utilizare pentru obținerea a cît mai multe produse, acest lucru se poate constata din media orară a șase zile lucrătoare pe perioada 20—30 martie 1960.

Ore	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
kW	234	223	309	262	243	210	263	274	280	266	282	296
Ore	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
kW	282	254	292	233	254	259	203	271	252	268	243	230

De aici rezultă că încărcarea motoarelor se face rațional, evitîndu-se vîrfurile nepermise la orele stabilite de către sistemul energetic. Se poate vedea de asemenea că aplatizarea curbei de sarcină este o preocupare permanentă a întreprinderii, evitîndu-se depășirile puterii maxime aprobate, care ar aduce prejudicii economiei naționale.

Metodele de aplatizare folosite au fost:

— metode organizatorice cu scopul aplatizării consumului;
— metode economice pentru ieftinirea energiei electrice;
— metode tehnice pentru reducerea necesarului de putere la orele de vîrf.

E l e m e n t e f o l o s i t e: lucru în trei schimburi și introducerea schimbului trei acolo unde se utilizau numai două schimburi.

În urma citirilor orare făcute pe perioada 20—30 martie 1960 s-a putut constata că încărcarea schimburilor este bine echilibrată, și anume:

— schimbul I: 234 kW 100%;
— schimbul II: 215 kW 92%;
— schimbul III: 212 kW 91%;

Factorul de putere

Diagrama de putere activă, putere reactivă și factor de putere din I.I.S. „Fulger" pe perioada 21—27 martie 1960 este redată în fig. 1.

Valorile factorului de putere redate în diagrama din fig. 1 s-au obținut prin compensare naturală, curba fiind lină fără vîrfuri nepermise. Măsurile luate în scopul reducerii la minimum a consumului de putere reactivă au fost:

1. Înlocuirea motoarelor care din cauza construcției greșite au un curent de magnetizare prea mare.

2. Înlocuirea majorității motoarelor a căror putere nominală depășește puterea cerută de mașina de lucru, aceasta obținîndu-se prin regruparea motoarelor și înlocuirea lor succesivă.

3. Reducerea la minimum a timpului de mers în gol al motoarelor. În acest scop am introdus acționarea individuală a mașinilor și agregatelor, deoarece acționarea prin transmisie ducea la o funcționare cu sarcină mică din cauza nesimultaneității în funcționarea mașinilor. Prin acționarea individuală s-a creat posibilitatea de a se opri motorul o dată cu mașina de lucru.

4. Revizia și repararea cît mai corectă a mașinilor electrice fără a se face modificări structurale.

5. Utilizarea cu precădere a motoarelor asincrone cu rotorul în scurtcircuit, deoarece au randament mare și curent de magnetizare mic.

6. Trecerea de la conexiunea triunghi la conexiunea stea, chiar temporar, la motoarele care nu sînt încărcate decît 30—40% din puterea nominală.

În mod practic, exemplificăm cazul de la staţia experimentală de drojdie uscată, unde a existat un motor de 28 kW

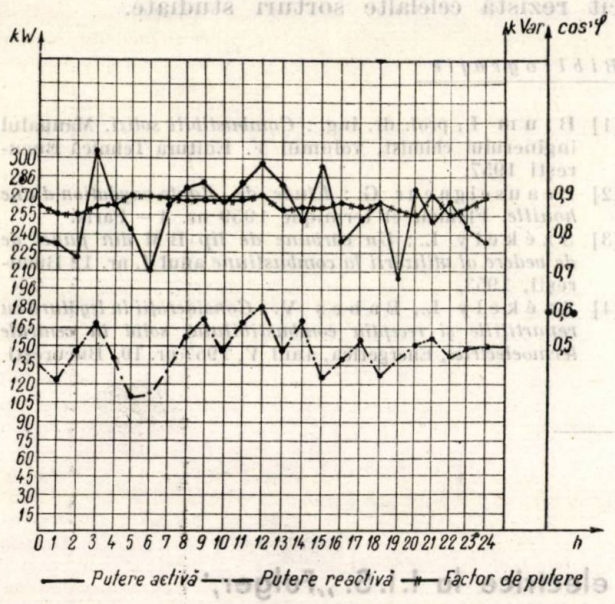


Fig. 1.

cu $\eta_n = 0{,}865$, cos $\varphi_n = 0{,}87$, încărcat cu 14 kW, funcţionînd în aceste condiţii cu $\eta_1 = 0{,}84$ şi $Q_1 = 11{,}5$ kVar.

Am înlocuit acest motor cu unul de 18 kW, cu $\eta_n = 0{,}85$ cos. $\varphi_n = 0{,}865$ şi $I_0 = 14$ A.

Echivalentul energetic este $K_e = 0{,}1$.

Pierderile de putere se reduc cu :

$DP = K_e\, DQ + DP_a$

unde

$DQ = Q_1 - Q_2$; $DP_a = DP_1 - DP_2$

Q_1 = puterea reactivă absorbită de motorul de 28 kW;

Q_2 = puterea reactivă absorbită de motorul de 18 kW;

DP_1 = pierderile de putere activă în motorul de 28 kW;

DP_2 = pierderile de putere activă în motorul de 18 kW.

$$Q_1 = 11{,}5 \text{ kVar}$$
$$Q_2 = Q_0 + \beta^2(Q - Q_0).$$

unde :

β este factorul de încărcare (încărcare relativă)

$Q_0 = \sqrt{3} \cdot U \cdot I_0 \cdot 10^{-3} = \sqrt{3} \cdot 380 \cdot 14 \cdot 10^{-3} = 9{,}25$ kVar.

$$Q_n = \frac{P_n}{\eta_n} \operatorname{tg} \varphi_n = \frac{18}{0{,}85} = 0{,}57 = 12{,}1 \text{ kVar, deci}$$

$$Q_2 = 9{,}25 + \left(\frac{14}{18}\right)^2 (12{,}1 - 9{,}25) = 10{,}97 \text{ kVar.}$$

Rezultă :

$DQ = 11{,}5 - 10{,}97 = 0{,}53$ kVar.

$$DP_1 = \frac{14}{0{,}84} - 14 = 16{,}6 - 14 = 2{,}6 \text{ kW.}$$

$$DP_2 = \frac{14}{0{,}865} - 14 = 16{,}2 - 14 = 2{,}2 \text{ kW.}$$

Deci :

$DP_a = 2{,}6 - 2{,}2 = 0{,}4$ kW.

Rezultă :

$DP = 0{,}1 \cdot 0{,}53 + 0{,}4 = 0{,}46$ kW.

Considerînd o funcţionare anuală de 5 000 ore, economia de energie va fi :

$DW = 5000 \cdot 0{,}46 = 2300$ kWh/an

Raportînd pierderile recuperate la puterea absorbită se vede că s-a obţinut un cîştig de :

$$\frac{0{,}46}{14} 100 = 3{,}3\%,$$

ceea ce este foarte mult, considerînd media pierderilor în reţele pînă la 25% din puterea distribuită. Noile obiective de natură tehnico-economică de exploatare de energie electrică, trasate prin plenara C.C. al P.M.R. din 3—5 decembrie 1959 au dus la un salt calitativ obţinîndu-se realizările ce se pot citi din fig. 1, pe perioada 21—27 martie 1960.

De asemenea realizările se pot vedea şi din faptul că pe anul 1959 fabrica „Fulger" nu a plătit nici un fel de penalizare atît la factorul de putere cît şi la puterea de vîrf programată.

Obţinînd aceste rezultate, unitatea este mobilizată să găsească noi posibilităţi pe cale naturală pentru îmbunătăţirea continuă a factorului de putere, în scopul obţinerii unei valori cel puţin egale cu cos $\varphi_m = 0{,}90$.

Aceste metode de compensare naturală necesită investiţii reduse deoarece se bazează pe principiul utilizării resurselor interne ale întreprinderii, resurse care sînt nesecate.

Ing. **M. Stern**

DOCUMENTARE

Termoenergetica

Contor de căldură. Lanin I. S., După *Energetic* (U.R.S.S.) nr. 8 (1959), pag. 14—15.

Colectivul fabricii de aparate de măsură din oraşul Talin a încheiat lucrările de perfecţionare a unui contor de căldură destinat înregistrării cantităţii de căldură la reţelele termice, respectiv la abonaţi, cum şi a cantităţii de apă caldă consumate. Aparatul este conceput să funcţioneze în limitele de temperatură de 30—150°C în conducta de ducere şi 30—70°C în cea de întoarcere. Exactitatea măsurării se încadrează în limitele de ± 4,0%, însă contorul poate fi conceput şi executat şi la ± 2,5%.

În articol se descrie pe larg acest contor de căldură şi se dă schema cinematică şi schema de instalare a acestuia pe reţeaua termică.

G. C.

Unele probleme de principiu ale dezvoltării centralelor termoelectrice. (Nekotorîe prinţipalnîe vaprosîrazvitia teplovîh electrostanţii). Tiurin P. I., În *Teploenerghetika* (U.R.S.S.), nr. 5 (1959), p. 8—16, 2 tab.

După ce se scoate în evidenţă legătura strînsă care trebuie să existe între parametrii iniţiali ai aburului şi puterea unitară a agregatelor, autorul aduce în discuţie proporţia justă a puterii de rezervă faţă de puterea totală instalată. Din considerentele făcute se ajunge la stabilirea diverselor formule pentru determinarea proporţiilor luate în discuţie. Astfel se constată că în general poate fi justificată o rezervă maximă de 16%, din care 5% pentru reparaţii curente, 5% pentru acoperirea necesarului în caz de avarie şi 5%—6% pentru variaţii ale vîrfului de sarcină de iarnă. În continuare se examinează amplasarea raţională a centralei electrice pe de o parte în raport cu mina de cărbuni, iar pe de altă parte în centrul de greutate al consumatorilor de energie electrică şi termică. Autorul constată că încă pentru viitorii 15 ani transportul pe cale ferată al cărbunelui este mai economic decît transportul energiei electrice prin linii de înaltă tensiune. Este justificat ca centralele să fie amplasate în centrul

de greutate al sarcinilor electrice și termice și nu lîngă sursele de combustibil formate din mine de cărbune.

A. C.

Criterii privind construcția unor centrale de termoficare și descrierea părții constructive a instalațiilor mecanice și electrice. Gondosch M. [După *Energie* (R. F. G.), nr. 7 (1959), pag. 285—310, 27 fig.].

Autorul descrie două centrale de termoficare construite în orașul München. Centralele prezentate au parametrii de 90 ata și 520°C și dau fiecare consumatorilor 280 t abur/h producînd în același timp 42 MW. Centralele sînt plasate în centrul de greutate al sarcinilor termice și electrice, și se descrie amănunțit în articol construcția lor urbanistică și estetică în cartiere orășenești cu o populație densă. Se mai prezintă schemele termice și electrice ale instalațiilor insistîndu-se asupra instalațiilor de cazane, arzătoare, supraîncălzitoare, a modului de gospodărire a condensatului, a apei de alimentare și răcire. Se examinează cu o deosebită atenție problema combaterii depunerii cenușii în zonele din jurul centralelor, provenite din gazele evacuate, întrucît centralele sînt executate fără coșuri înalte. După cum se arată în articol, problema a fost rezolvată în aceste cazuri printr-o combinație de filtre electrice și mecanice montate în serie. Schema electrică a instalațiilor din centrale prezintă interes pentru realizarea siguranței de exploatare.

A. C.

Rezultate de exploatare ale turbinei cu gaze cu comandă automată de la El Convento (Venezuela). [Hognestad J. *Revue BBC*, nr. 7 (1959), pag. 419—420, 3 fig., 3 ref. bibl.].

Turbina cu gaze de 20 MW, instalată în centrala El Convento (Venezuela), este prevăzută cu telecomandă.

La o temperatură exterioară de 25°C puterea la bornele generatorului este 21,75 MW și randamentul măsurat tot la borne este de 23,25%.

Aerul de ardere între cele două trepte de compresie, uleiul de ungere și aerul de răcire al generatorului sînt răcite ca apa în circuit închis, într-o instalație schimbătoare cu fascicule tubulare, prin care aerul este trimis cu ventilatoare.

Grupul este comandat la distanță de la circa 10 km. Aparatajul utilizat poate transmite patru ordine diferite, caracterizate prin impulsuri codificate pentru pornire, oprire, reglarea puterii active și reglarea puterii reactive. Mărimile care trebuie cunoscute la centrul de dispecing sînt transmise de o instalație de telemăsură ciclică, rapidă printr-un cablu subteran cu un circuit.

A. M.

Dispoziția rezervoarelor de alimentare și a conductelor de aspirație la centralele termoelectrice cu abur. [Oplatka G., După *Revue BBC*, nr. 7 (1959), pag. 385—394, 10 fig., 2 ref. bibl.].

Mărimea, forma și dispoziția rezervorului de alimentare și a conductei de aspirație care îl leagă la pompa de alimentare sînt dictate de condiția siguranței în exploatare și de considerații de preț și ancombrament.

Ținînd seamă în special de pericolul apariției fenomenelor de cavitație în conducta de aspirație și în pompă, mai ales la descărcarea bruscă a turbinei, se dau relații între presiuni, temperaturi și debite, și mărimile care servesc la dimensionarea rezervoarelor și a țevăriei, în scopul obținerii de rezultate sigure și economice.

Astfel, se determină capacitatea utilă minimă a rezervorului și ținînd seamă de viteza apei în conducta de aspirație, înălțimea minimă a rezervorului deasupra pompei, pentru a nu apărea fenomenul de cavitație.

De asemenea, s-a studiat efectul de tampon al rezervorului și influența pe care ar avea-o divizarea lui în mai multe compartimente.

În fine se indică posibilitățile de utilizare practică a rezultatelor obținute.

A. M.

Coroziunea țevilor de alamă ale condensatoarelor din centralele termoelectrice, prin pierderea zincului. [Hegedüs Z. și Székely L., După *Kohaszati Lapok* (R. P. Ungară) **92** (1959), 8, pag. 369—372].

Țevile de alamă foarte rezistente la coroziune față de abur sînt mult răspîndite pentru răcirea condensatoarelor turbinelor atît cu apă dulce cît și marină; pentru apă dulce viteza de coroziune admisă este de 0,03 mm/an, iar durabilitatea prescrisă este de 20 ani. Dacă durata de viață este mai scurtă decît durabilitatea prescrisă, înseamnă că la partea de apă s-a produs una din cele trei forme posibile de coroziune: coroziunea prin pierderea zincului, coroziunea punctiformă cu perforație, sau coroziunea în urma tensiunilor remanente din fabricație. Articolul se ocupă, pe baza unor cercetări proprii ale autorilor, de pierderea zincului care se explică prin cimentarea cuprului la suprafață, în locurile de unde se desprinde stratul protector format prin contactul cu însăși apa de răcire. Acest strat protector explică, de altfel, de ce unele calități excelente de alamă, extrem de rezistente la apa marină, se corodează neașteptat de repede în contact cu apa dulce și de ce majoritatea coroziunilor de pierdere a zincului au caracter local. Aderența stratului protector depinde în cea mai mare măsură de compoziția apei și de calitatea suprafeței țevii. Prezența CO_2 sau a H_2S în apă împiedică formarea unui strat protector continuu fără pori și aderent, iar oxidarea suprafeței prin depozitare neglijentă duce la desprinderea locală a stratului protector.

Cimentarea cuprului pe suprafața deteriorată duce la formarea unor pile galvanice scurtcircuitate în care peretele țevii este chiar anodul consumabil, astfel că țeava se distruge curînd. Însăși cimentarea cuprului este consecința unor procese electrochimice, dar și în fabricație pot apărea pete de cupru pe suprafață, prin reducerea locală a scoriei sau prin cimentarea în baia de decapat.

Prin încercările efectuate s-a stabilit influența impurităților apei sub formă de gaze, săruri și particule solide, influența temperaturii apei și a vitezei de curgere, respectiv influența structurii aliajului și a stratului protector format în contact cu apa. De cele mai multe ori nu s-a putut stabili cauza deteriorării inițiale sau a cimentării cuprului, deoarece țevile defecte s-au trimis din exploatare în laboratorul uzinei producătoare, fără suficiente date însoțitoare cu privire la analiza apei de răcire, temperatura de exploatare, viteza de circulație, intermitența regimului termic etc. De altfel, prin simpla schimbare a aliajului nu s-a putut elimina coroziunea de pierdere a zincului, întrucît factorii de exploatare insuficient studiați au un rol covîrșitor.

S. A.

Energetică nucleară

Centrala nuclearo-electrică Sizewell. [După *Nuclear Enginnering* 1960—martie, pag. 136—137, *The Engineer*—1960 pag. 232].

Ministerul Energiei din Anglia a aprobat construirea celei de a șaptea centrale nuclearo-electrică civilă din Anglia, Sizewell, cu o putere de 650 MW-e.

Aceasta este pînă în prezent cea mai mare centrală nuclearo. electrică aprobată din Anglia și va fi utilată cu reactoare cu uraniu natural, moderator grafit și răcire cu gaze.

Centrala va ocupa o suprafață de circa 41 ha la Suffolk și evaluările făcute au arătat că va costa circa 60—65 milioane lire sterline, la care se vor adăuga încă 150 000 lire, prețul terenului centralei.

G. W.

Prima centrală nuclearo-electrică japoneză. [*Nuclear Power* — 1960 — martie pag. 104—118].

La Tokai-Mura, la 110 km nord-est de Tokyo, au început în primăvara anului 1960 lucrările de construcție a primei centrale nuclearoelectrice din Japonia. Centrala, cu o putere electrică de 150 MW, este prevăzută să intre în funcțiune în 1964 și va fi echipată cu un reactor de construcție englezească cu uraniu natural, moderator grafit și agent de răcire

bioxid de carbon şi cu două grupuri turbogeneratoare de cîte 83 MW.

Agentul de răcire al reactorului lucrează la presiunea de 14,4 ata. Aburul pentru turbine se produce la două nivele: 63 ata, 379°C şi 19 ata 364°C.

CNE Tokay-Mura este copia perfecţionată a CNE Huntersţon în construcţie în prezent în Anglia. Perfecţionările aduse au mărit randamentul general al CNE Tokay-Mura de la 27% la 27,7% dublîndu-se în acelaşi timp puterea specifică a canalelor de combustibil (1 000 W/cm faţă de 488 W/cm) şi aducîndu-se totodată importante simplificări în instalaţii.

Unul din criteriile care au stat la baza alegerii acestui tip de reactor au fost condiţiile seismice deosebite ale regiunii în care urmează să fie amplasată centrala.

C. W.

Contaminarea radioactivă şi decontaminarea reactorului NRU. [E. O. Huges, I. W. Greenwood: După *Nucleonics* — 1960 — pag. 76—80].

La 23 mai 1958, o creştere excesivă a puterii reactorului NRU din Canada a produs oprirea automată a acestuia. Aparatele de semnalizare au indicat existenţa unor condiţii neobişnuite în reactor, printre care cea mai semnificativă era existenţa unei mari reactivităţi în circuitul de răcire. S-a constatat apoi că aceasta a provenit din defectarea unei bare de combustibil.

În timpul operaţiilor de manipulare a barei, a izbucnit şi un incendiu în interiorul sălii reactorului. Acesta a fost stins de o echipă de 35 oameni în circa 15 minute.

În acelaşi timp s-a produs şi infectarea radioactivă a sălii reactorului, nivelul radiaţiilor atingînd valori foarte ridicate (peste 1 000 Röntgeni/oră la parterul sălii reactorului şi 5—10 r/h în cabina operatorului podului rulant al reactorului).

Primele operaţii de îndepărtare a deşeurilor radioactive şi de începerea decontaminării au fost făcute de 35 muncitori echipaţi cu costume speciale de protecţie, prevăzute cu aparate individuale de respiraţie, care totuşi au primit doze de radiaţii în medie de 1,4 r şi maximum 6,4 r (doza anuală de radiaţii maximă admisibilă pentru personalul centralei era de 5 r.). Muncitorii erau în permanenţă supravegheaţi medical.

Urmărirea operaţiilor de dezinfectare s-a făcut prin televiziune.

Decontaminarea sălii reactorului a durat o săptămînă, dar reducerea nivelului de radiaţii la zero, precum şi dezinfectarea centralei, a locuinţelor şi a regiunii a durat 10 săptămîni.

La această operaţie au fost folosiţi 600 muncitori, fiind necesară schimbarea lor la început la intervale de 1—2 min, circa 15 000 perii de bumbac, 50 000 echipamente de cauciuc şi peste 20 000 aparate de respirat.

Fiecare suprafaţă a fost spălată de cel puţin trei ori cu un detergent pe bază de fosfor, iar utilajul electronic a fost curăţit prin vacuum.

C. W.

Reactor cu apă în fierbere pentru Puerto-Rico. [După *Nucleonics* — 1960 — februarie, pag. 17. *Nuclear Engineering* — 1960 — martie, pag. 94].

Pe insula Puerto-Rico, la Punta Figuero se va instala un reactor cu apă în fierbere de 6,3 MW. La acest reactor supraîncălzirea aburului se va face în miezul reactorului.

Zona de fierbere a reactorului foloseşte drept combustibil UO_2 îmbogăţit cu U_{235} (1,85%) protejat cu o manta de zircaloy şi produce abur la 63 ata 275°C. Aburul este colectat în partea superioară a zonei de fierbere şi trecut prin zona periferică a miezului, care este formată din UO_2 îmbogăţit 3,5% şi protejat cu o manta de oţel inoxidabil unde se supraîncălzeşte pînă la 485°C.

Plasarea zonei de fierbere în centru şi a zonei de supraîncălzire spre exterior este o soluţie nouă care faţă de vechile soluţii se crede că este mai sigură, aducînd un transfer de căldură mai bun şi o economie de neutroni.

Toată instalaţia constînd din reactor, pompe boiler etc. va fi introdusă într-o sferă metalică de circa 53 m diametru.

C. W.

СОДЕРЖАНИЕ

ДК 624.1:621.315.17.002

Vlad A. и *Vicol P.:* **Развитие деятельности ТЦМЕ в деле внедрения новой техники в свете директив III Съезда РРП.**

Дается обозрение достижений строительно-монтажного энергетического треста в области технического прогресса и рассматриваются основные закономерности, положение в основу дальнейшей деятельности предприятия согласно директивам III Съезда РРП.

Отдельно рассматриваются три крупные сектора треста: электроцентралей, линии энергопередачи и электрических станций.

Energetica, 8 (1960) nr. 9, стр. 381—386

ДК 621.311:620.9.001

Neguş I. и *Goldenberg C.:* **Критерии и общая расчетная формула определения оптимальных решений с технически-экономической точки зрения, в энергетике.**

Авторы разбирают вопрос технико-экономического сопоставления различных возможных вариантов для разрешения вопросов снабжения электроэнергией и подробно останавливаются на экономических эффектах частичного ввода в действие энергетических объектов в различных стадиях. Дается общая расчетная формула и приводятся численные примеры.

Energetica, 8 (1960) nr. 9, стр. 387—395

ДК 662.93.004

Antonescu N.: **Температурный режим топок в различных условиях работы.**

В работе проводится попытка разработки несложного графического метода определения температурного режима топок с учетом возможного колебания функциональных факторов в случае применения твердого топлива.

Energetica, 8 (1960) nr. 9, стр. 396—405

ДК 621.3.014.3

Babeş V.: **Определение значения тока короткого замыкания во внутренних электроустановках низкого напряжения.**

Цель статьи — предоставить в распоряжение эксплуатационников энергетических установок промышленных предприятий описание простого и практического метода быстрого определения токов короткого замыкания на электроустановках низкого напряжения.

Energetica, 8 (1960) nr. 9, стр. 406—416

ДК 662.62.004

Szekely L.: **Применение показателя понижения качества твердых топлив.**

Автор предлагает внедрение в национальном и международном масштабе „показателя понижения качества" угля в результате самоокисления, отмечая, что он может служить для определения условий хранения. Статья публикуется в порядке обсуждения.

Energetica, 8 (1960) nr. 9, стр. 416—421

НА ПРОИЗВОДСТВЕ

ДОКУМЕНТАЦИЯ

INHALTSVERZEICHNIS

DK 624.1 : 621.315.17.002

A. Vlad und *P. Vicol:* **Die erweiterte Anwendung moderner Arbeitsverfahren im Bau- und Montagetrust für Energieanlagen im Rahmen der Richtlinien des 3. Kongreses der Rumänischen Arbeiter-Partei**

Es werden die Erbebnisse der im Bau- und Montagetrust für Energienlagen (TCME) angewendeten neuen Arbeitsverfahren untersucht und im Rahmen der Richtlinien des 3. Kongreses der Rumänischen Arbeiterpartei die künftigen Aufgaben auf diesem Gebiet umrissen.

Energetica 8 (1960) H. 9, S. 381—386

DK 621.311 : 620.9.001

I. Neguş und *C.* **Goldenberg : Grundsätze für die Wahl der technisch und wirtschaftlich optimalen Lösungen geplanter Energieversorgungsanlagen**

Die Verfasser untersuchen die Frage des technischen und wirtschaftlichen Vergleichs verschiedener möglicher Lösungen in Aussicht genommener Energieversorgungsanlagen. Auf die wirtschaftlichen Folgen teil- und etappenweiser Inbetriebsetzung der Anlagen wird besonders eingegangen. Es werden eine allgemeine Berechnungsformel und Rechenbeispiele angeführt.

Energetica 8 (1960) H. 9, S. 387—395

DK 662.93.004

N. Antonescu : **Verhalten von Feuerungen in verschiedenen Betriebsbedingungen**

Versuch ein einfaches graphisches Verfahren für Berechnung des Verhaltens von mit festen Brennstoffen gespeisten Feuerungen aufzustellen mit Rücksicht auf die mögliche Aenderung der Betriebsbedingungen.

Energetica 8 (1960) H. 9, S. 396—405

DK 621.3.014.3

V. Babeş : **Berechnung des Kurzschlusstromwerts von Innenraum- Niederspannungsanlagen**

Beschreibung eines für das Bedienungspersonal der elektrischen Anlagen von Industriebetrieben geeigneten, einfachen und handlichen Verfahrens für überschlägliche Berechnung der Kurzschlussströme in den Niederspannungsanlagen.

Energetica 8 (1960) H. 9, S. 406—416

DK 662.62.004

L. Szekely : **Entwertungskennziffer für feste Brennstoffe**

Der Verfasser schlägt die Einführung einer Kennziffer für die Bestimmung der Kohlenlagerungsbedingungen auf Grund der Selbstoxydation vor. Der Beitrag wird zur Diskussion gestellt.

Energetica 8 (1960) H. 9, S. 416—421

AUS UNSEREN BETRIEBEN

DOKUMENTIERUNG

SOMMAIRE

CD 624.1 : 621.315.17.002

Vlad A. et *Vicol P.* : **Le développement de l'activité du TCME (Trust des Constructions et Montages Energétiques) dans le sens de l'introduction de la nouvelle technique et sous le jour des Directives du 3. Congrès du Parti Ouvrier Roumain.**

Les auteurs passent en revue les réalisations accomplies par le Trust des Constructions et Montages Energétiques, dans le sens du progrès technique et developpent les principes directeurs autour desquels se deroulera à l'avenir son activité, sur la base des Directives du 3e Congrès du Parti Ouvrier Roumain.

L'analyse en est faite pour chacune des trois grands secteurs du trust séparément, à savoir : les centrales, les lignes et les stations électriques.

Energetica 8 (1960) no. 9, p. 381–386

CD 621.311 : 620.9.001

Neguş I. et *Goldenberg C.* : **Divers critériums et une formule générale de calcul pour établir les solutions optima du point de vue technique-économique, dans le cadre de la branche énergétique.**

Les auteurs traitent de la question de comparer entr'elles, du point de vue technico-économique, les différentes variantes possibles, pour la résolution des problèmes d'alimentation en énergie électrique. On insiste sur les répercussions économiques des mises en fonction partielles des objectifs énergétiques aux différentes étapes. On donne une formule générale de calcul et plusieurs exemples numériques d'application.

Energetica 8 (1960) no. 9, p. 387–395.

CD 662.93.004

Antonescu N. : **Le régime thermique des foyers dans différentes conditions de fonctionnement.**

Dans le présent travail, l'auteur s'applique à trouver une méthode simple, graphique, pour la détermination du régime thermique des foyers, compte tenu de la variation possible des facteurs fonctionnels, dans le cas de l'utilisation des combustibles solides.

Energetica 8 (1960) no. 9, p. 396–405

CD 621.3.014.3

Babeş V. : **La détermination de la valeur du courant de court-circuit dans les installations électriques intérieures à basse tension.**

L'auteur met à la portée du personnel d'exploitation des installations énergétiques des entreprises industrielles la description d'une méthode pratique, simple pour déterminer rapidement les courants de court-circuit dans les installations électriques à basse tension.

Energetica 8 (1960) no. 9, p. 406–416

CD 662.62.004

Szekely L. : **L'application de l'indice de dégradation aux combustibles solides.**

L'auteur propose d'introduire, sur l'échelle nationale et internationale, „l'indice de dégradation" du charbon par autooxydation, tout en précisant qu'il pourrait servir à l'établissement des conditions de stockage. Il publie cet article pour être soumis aux discussions.

Energetica 8 (1960) no. 9, p. 416–421

NOUVELLES DE NOS ENTREPRISES

DOCUMENTATION

CONTENTS

DC 624.1 : 621.315.17.002

Vlad A. and *Vicol P.* : **The development of the activity of the TCME (Trust for energetic construction and mounting work), along the line of introducing the new technics and in the light of the Directives of the third Congress of the Rumanian Workers'Party.**

In this paper the achievements performed by the TCME along the line of the technical advance are reviewed and the guiding principles are developed, according to which its activity in the future will be accomplished, on basis of the Directions of the third Congress of the Rumanian Workers'Party.

The analysis is made separately for each one of the three large sectors of the trust, viz : electrical power works, lines and stations.

Energetica, 8 (1960) no. 9, p. 381–386

DC 621. 311 : 620.9.001

Neguş I. and *Goldenberg C.* : **Various criteria and a general computing formula for establishing the optimum solutions, from technico-economical viewpoint, within the energy economy branch.**

The authors deal with the problem of comparing between each other, from technical and economic standpoint, the different possible variants of solving the problems of electrical energy supply. They are insisting on the economic reactions of partially putting into operation of energetic objectives at different stages. A general computing formula and numerical application examples are given as well.

Energetica, 8 (1960) no. 9, p. 387–395

DC 662.93.004

Antonescu N. : **The thermal working conditions of furnaces in different operating conditions.**

In the paper the author proceeds to find out a simple, graphical method of determining the thermal working conditions of furnaces, taking into account the possible variation of the operating factors in the instance of using solid fuels.

Energetica, 8 (1960) no. 9, p. 396–405

DC 621.3.014.3

Babeş V. : **Determining of the value of the short-circuit current in electrical low voltage interior installations.**

The paper gives, for the use of the operators in the exploitation of energetic installations in industrial enterprises, a description of a few simple, practical methods of determining rapidly the short-circuit currents in the electrical low voltage installations.

Energetica, 8 (1960) no. 9, p. 406–416

DC 622.62.004

Szekely L. : **The application of the degradation index at solid fuels.**

The author proposes to introduce, on national and international scale, the „degradation index" of coal, by means of autooxydation, pointing out that it could serve for establishing the storing conditions. This paper is intented to be taken into public discussion.

Energetica, 8 (1960) no. 9, p. 416–421

NEWS FROM OUR ENTERPRISES

DOCUMENTATION

ORSZÁGOS MŰSZAKI KÖNYVTÁR 1883

Abonaţi-vă din timp

la revistele tehnice

AUTOMATICA ŞI ELECTRONICA
CELULOZA ŞI HÎRTIE
ELECTROTEHNICA
ENERGETICA
HIDROTEHNICA
INDUSTRIA ALIMENTARĂ
~ Produse animale ~
INDUSTRIA ALIMENTARĂ
~ Produse vegetale ~
INDUSTRIA LEMNULUI
INDUSTRIA TEXTILĂ
INDUSTRIA UŞOARĂ
METALURGIA ŞI CONSTRUCŢIA DE MAŞINI
PETROL ŞI GAZE
REVISTA DE CHIMIE
REVISTA MINELOR
REVISTA PĂDURILOR
REVISTA TRANSPORTURILOR
TELECOMUNICAŢII

ŞI

Gazeta TEHNICA NOUĂ

Revistele tehnice editate de Asociaţia Ştiinţifică a Inginerilor şi Tehnicienilor din R.P.R. în colaborare cu ministerele interesate contribuie la îmbogăţirea cunoştinţelor tehnice ale inginerilor, tehnicienilor, inovatorilor, publicînd articole de specialitate, articole de sinteză, note documentare cu privire la cele mai noi realizări ale tehnicii noastre şi de peste hotare, recenzii de cărţi tehnice, inovaţii etc.

Gazeta „TEHNICA NOUĂ" publică — la un nivel accesibil tehnicienilor, inovatorilor, raţionalizatorilor, muncitorilor fruntaşi din toate ramurile de producţie — articole tehnice, note, reportaje, informaţii etc. din industrie şi agricultură

Cercurile ASIT, difuzorii voluntari de presă, realizînd abonamente la revistele tehnice şi la gazeta „TEHNICA NOUĂ" în rîndurile inginerilor, tehnicienilor, inovatorilor, muncitorilor fruntaşi, contribuie la ridicarea nivelului tehnic al tuturor cadrelor tehnice, la realizarea măreţelor sarcini ale desăvîrşirii construcţiei socialismului în patria noastră.

Abonamentele se primesc la sediile filialelor ASIT din întreaga ţară, prin responsabilii cu presa din cercurile ASIT, precum şi la „Publicaţiile Tehnice ASIT", str. Ioan Ghica nr. 3, Bucureşti. Raionul T. Vladimirescu, telefon: 16.06.24. Instituţiile pot achita abonamentele pentru biblioteci şi cabinete tehnice în contul nostru de virament: Publicaţiile Tehnice ASIT 070124 B.R.P.R. Filiala I. V. Stalin, Bucureşti.

Costul unui abonament anual pentru muncitori, tehnicieni şi ingineri este:

Gazeta Tehnica Nouă	26 lei
Metalurgia şi Construcţia de Maşini . .	48 lei
Celelalte publicaţii	30 lei

Costul unui abonament anual pentru instituţii este:

Gazeta Tehnica Nouă	26 lei
Revistele tehnice	100 lei

E 2039

REFERALVA

ENERGETICA

R

Energetica — Vol. 8 — octombrie **10** nr. 10/1960 — p. 425-472 — Bucureşti

1960

Recomandări privind întocmirea articolelor tehnico-ştiinţifice

1. FONDUL ARTICOLELOR

1.1. **Lucrările** ce pot fi prezentate spre publicare sînt :

1.1.1. *de importanţă generală* (principii noi, dispoziţii noi, rezultate experimentale originale, studii teoretice inedite, ale unor fenomene fizice şi procese tehnice cu caracter general) ;

1.1.2. *tehnico-ştiinţifice speciale, teoretice sau experimentale,* avînd contribuţii originale, dar referindu-se la un domeniu de specialitate restrîns (extinderea valabilităţii unor dispoziţii, aplicarea unor teorii sau metode cunoscute la o problemă nouă, rezultate experimentale inedite sau de control) ;

1.1.3. *tehnice obişnuite* (expunerea studiului unor probleme tehnico-ştiinţifice, discuţii şi critici ale unor rezultate cunoscute etc.).

1.2. **Legătura cu practica** muncii de cercetare, proiectare, învăţămînt, producţie, este condiţia esenţială pe care trebuie să o îndeplinească tema tratată. Lucrările de sinteză sau de discuţie trebuie să se refere la probleme noi şi actuale, de interes general. Articolele interesînd industria vor cuprinde consideraţii privind eficienţa economică a soluţiilor. Se recomandă ca articolele să cuprindă propuneri de viitor.

1.3. **Verificarea experimentală** se impune ca necesitate de prim ordin la lucrările care se pretează la asemenea verificări.

1.4. **Lucrările** care au mai fost publicate integral sau parţial nu pot fi trimise redacţiei spre publicare.

2. FORMA ARTICOLELOR

2.1. **Organizarea lucrării**

2.1.1. *Titlul* va reprezenta în minimum de cuvinte, obiectul lucrării.

2.1.2. *Numele* autorului va fi precedat de prenume.

2.1.3. *Un scurt rezumat* fixînd premizele de la care s-a pornit, problema studiată şi cadrul în care este tratată, nedepăşind 6—8 rînduri, se va anexa lucrării.

2.1.4. *Împărţirea* pe capitole se va face cu cîteva subtitluri potrivit alese, în număr strict necesar pentru o expunere clară a ideilor şi înlesnirea orientării.

2.1.5. *Textul.* În introducere, se încadrează problema în preocupările generale ale disciplinei şi în preocupările producţiei ; de asemenea, se arată scopul lucrării, subliniindu-se expres contribuţia autorului. Tratarea va trebui să fie unitară, permiţînd inteligibilitatea fără dificultăţi a problemelor. Se vor evita introduceri sau demonstraţii voluminoase ; de asemenea, se va evita repetarea în text a ceea ce poate fi găsit în literatura publicată sau poate fi redat intuitiv prin materialul grafic-ilustrativ, tabele etc.

2.1.6. *Concluziile* vor concentra rezultatele obţinute, cu indicarea limitei de valabilitate şi aplicaţiile posibile.

2.1.7. *Anexele* pot cuprinde demonstraţii originale sau absolut necesare înţelegerii formulelor din text ; de asemenea, în anexe se pot da exemple de calcul în cazul articolelor care necesită asemenea exemple.

2.1.8. *Citarea literaturii de specialitate.* Afirmaţiile luate din alte lucrări şi care nu sînt general cunoscute vor fi referite la lista bibliografică de la sfîrşitul lucrării. Referirea se face indicîndu-se poziţia lucrării în lista bibliografică, în paranteze drepte.

2.2. **Prezentarea lucrării**

2.2.1. *Nivelul* articolelor va fi înalt.

2.2.2. *Stilul.* Redactarea va fi clară şi concisă. Ortografia va fi în concordanţă cu regulile Academiei R.P.R. Nu se admit prescurtări cu excepţia celor unanim cunoscute.

(Continuare pe coperta III)

ENERGETICA

ANUL 8 Nr. 10 OCTOMBRIE 1960

CUPRINS

CZ 621.181.22 :662.69 :536.6

Vladimir N. : **Determinarea consumului de pornire la cazane funcţionînd cu gaz metan**

Lucrarea tratează determinarea consumului de combustibil ocazionat de pornirea cazanelor funcţionînd cu gaz metan, care nu sînt prevăzute cu contor de combustibil în diferite condiţii (pornirea din stare rece, pornirea din rezervă caldă etc.). Un exemplu numeric face o aplicare concretă a metodei. Se propune determinarea consumului de pornire cu această metodă pentru fiecare tip de cazan, în funcţie de durata de menţinere în rezervă.

Energetica 8 (1960), nr. 10, p. 425–427

CZ 621.315.1.027.3/7 :621.3.052.2

Rădulescu V. şi Feldman Şt. : **Funcţionarea în două faze a liniilor electrice aeriene, cu tensiuni de 110 kV şi mai mult, cu neutrul legat direct la pămînt. Exemple de calcul şi rezultate experimentale**

Acest articol este continuarea unui prim articol în care se găseau consideraţii teoretice privind funcţionarea în două faze a reţelelor de 110 kV cu neutrul legat direct la pămînt. (Energetica nr. 6/1960). În prezentul articol se expun rezultatele experimentale obţinute în încercările efectuate în sistemul energetic al R.P.R. şi calculele preliminare ce au fost necesare să fie întocmite.

Energetica 8 (1960), nr. 10, p. 427—441

CZ 621.311.21 :620.9

Pavel D. : **Economicitatea sporirii căderilor hidroenergetice**

Pentru a obţine rezultate favorabile în comparaţia tehnico-economică cu CTE, este necesar ca la CHE să se concentreze căderi cît mai mari, în puţine trepte şi echipate cu agregate cît mai puţine şi de putere unitară cît mai mare. Se dezvoltă în articolul de faţă metoda de dimensionare preconizată în lucrările anterioare ale autorului.

Energetica 8 (1960), nr. 10, p. 442–451

CZ 644.1

Dimitriu-Vîlcea E. : **Zonificarea teritoriului R.P.R. din punct de vedere al temperaturii exterioare convenţionale de calcul pentru încălzire**

Pentru stabilirea temperaturii exterioare de calcul folosită la calculul cantităţii de căldură necesară la instalaţiile de încălzire a clădirilor a fost elaborată o nouă metodă, propusă în cadrul Institutului de cercetări în construcţii. În articolul de faţă se analizează critic această metodă în lumina teoriei stabilităţii termice a elementelor de construcţie.

Energetica 8 (1960), nr. 10, p. 452–457

CZ 628.971.6/7.

Schapira W. : **Tehnica măsurătorilor de iluminare de exterior.**

Aprecierea calitativă a instalaţiilor pentru iluminatul străzilor se face măsurînd o serie de caracteristici lumino-tehnice. În articol se arată măsurile care trebuie luate pentru a se efectua măsurători corecte de iluminare, dîndu-se totodată şi cîteva indicaţii asupra măsurătorilor de strălucire.

Energetica 8 (1960), nr. 10, p. 458–462

ENERGETICA PESTE HOTARE

CZ 621.311.22 : 697.34

Wlezek C. : **Exploatarea centralei de termoficare din oraşul Brno şi problemele sale de combustibil**

Energetica 8 (1960), nr. 10, p. 463–464

CZ 621.311.22 : 697.34

Colţ Gh. : **Funcţionarea în paralel a CTE şi a cazanelor de apă fierbinte**

Energetica 8 (1960), nr. 10, p. 464–465

CRONICĂ, p. 466–467

DOCUMENTARE, p. 468–472

COMITETUL DE REDACȚIE

Prof ing. **I. D. STĂNCESCU**, redactor responsabil, conf. ing. **C. MIHĂILEANU**, redactor responsabil adjunct, conf. ing. **I. A. BADEA**, prof. ing. **M. BERCOVICI**, membru corespondent al Academiei R.P.R., laureat al Premiului de Stat, ing. **M. COGĂLNICEANU**, conf. ing. **E. CONSTANTINESCU**, ing. **P. DIMO**, laureat al Premiului de Stat, prof. ing. **C. DINCULESCU**, membru corespondent al Academiei R.P.R., ing. **I. V. HERESCU**, conf. ing. **N. MOLDOVEANU**, prof. ing. **C. PENESCU**, ing. **T. POPA**, ing. **S. SĂNDULESCU** și ing. **P. VICOL**

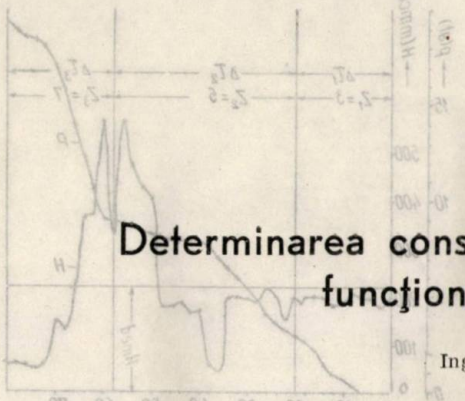
Revista „ENERGETICA", organ al Asociației Științifice a Inginerilor și Tehnicienilor din R.P.R. și al Ministerului Industriei Grele. Redacția și administrația: București, Str. Ion Ghica Nr. 3 Raion Tudor Vladimirescu, Telefon 14.15.95—14.06.24. Revista este editată de A.S.I.T. — Abonamentele se primesc la administrația revistei, la sediul filialelor A. S. I. T. din întreaga țară și prin responsabilii cu presa din cercurile A.S.I.T. — Instituțiile pot achita abonamentele pentru biblioteci și cabinete tehnice în contul nostru de virament: Publicațiile Tehnice A.S.I.T. 070124 B.R.P.R. Filiala I. V. Stalin — București — Tarif pentru întreprinderi: lei 100 anual. — Tarif pentru muncitori, tehnicieni și ingineri: lei 30 anual — Prețul unui exemplar: lei 5 — Tiparul: Întreprinderea Poligrafică Nr. 2, București.

c. 3857

ENERGETICA

ANUL 8
1960
Nr. 10
OCTOMBRIE

ORGAN AL ASOCIAȚIEI ȘTIINȚIFICE A INGINERILOR ȘI TEHNICIENILOR DIN R.P.R. ȘI AL MINISTERULUI INDUSTRIEI GRELE



Determinarea consumului de pornire la cazane funcționînd pe gaz metan

Ing. *VLADIMIR NICU*

În exploatarea centralelor termoelectrice o importanță deosebită prezintă determinarea consumurilor de pornire la cazane. Comparativ cu metoda de pornire separată a cazanului și turbinei — pornirea sau repornirea aproape simultană a cazanului și turbinei [1] oferă posibilitatea de a se economisi o parte din combustibil prin reducerea suflării supraîncălzitorului în atmosferă și scurtarea timpului de pornire.

Cunoașterea consumurilor de pornire înlătură stabilirea greșită a normelor de consum și contribuie la scoaterea în evidență a efortului personalului de exploatare în realizarea unei funcționări cît mai economice.

Cele arătate sînt valabile mai cu seamă pentru centralele termoelectrice de vîrf de economicitate mai scăzută, la care consumul specific de combustibil poate crește datorită pornirilor cu cca. $1 \div 6\%$. Aceste creșteri trebuie mai întîi cunoscute, după care urmează să se stabilească măsurile practice cele mai potrivite în vederea reducerii consumurilor de pornire.

Lucrarea de față se ocupă cu determinarea consumului de pornire la cazane funcționînd pe gaz metan, care nu au contor de combustibil, indiferent de condițiile în care are loc pornirea (pornirea de la rece după o reparație sau după o rezervă îndelungată, pornirea din rezervă caldă etc.)

Conform [2], metoda care se va expune poate fi aplicată și cazanelor funcționînd pe păcură.

În lipsa unei măsurări directe (prin contor) consumul orar de căldură al unui cazan la sarcina maximă este dat de relația :

$$B_{max} = \frac{D_{max}\,(\bar{i}_s - \bar{t}_{al})}{\eta_{ibr}} \text{ kcal/h} \qquad (1)$$

unde :

D_{max} este debitul maxim de abur, kg/h ;

$\bar{i}_s$ — entalpia aburului supraîncălzit, kcal/kg ;

$\bar{t}_{al}$ — entalpia apei de alimentare, kcal/kg ;

η_{ibr} — randamentul brut al cazanului determinat pe cale indirectă.

$$\eta_{ibr} = 1 - \frac{\sum p_{coș} + p_{rad}}{100}$$

Cazanul avînd în funcțiune la sarcina maximă Z_k arzătoare, consumul pe un arzător va fi :

$$b_{max} = \frac{B_{max}}{Z_k} \text{ kcal/h. arz.} \qquad (2)$$

Acest consum corespunde subpresiunii H_{max} mm.col apă și greutății specifice γ_1 kg/m³ a gazului din colectorul ce alimentează arzătoarele respective. Evident că dacă coeficientul de debit α al elementelor ce se interpun în traseul de scurgere a gazului dintre colector și focar (inclusiv arzătorul) ar fi cunoscut, atunci relația (2), exprimînd consumul orar de gaz v_{max} m³n/h arz $\left(\frac{b_{max}}{p_{ei}}\right)$, ar avea forma (3) :

$$v_{max} = k \cdot \alpha \cdot \sqrt{\frac{H_{max}}{\gamma_1}} \text{ m³N/h. arz.} \qquad (3)$$

Neglijînd valoarea depresiunii din focar, care este de ordin 3—5 mm col apă (pentru tipul de cazane luate în considerație), H_{max} reprezintă diferența dintre presiunea absolută a gazului din colector și presiunea atmosferică.

Din identificarea relației (3) cu relația (2) se determină suficient de exact produsul $K \cdot \alpha$ — constanta elementului de măsură :

$$K \cdot \alpha = \frac{b_{max}}{P_{ei}\sqrt{\frac{H_{max}}{\gamma_1}}} \qquad (4)$$

la care, în membrul doi, intervin parametrii ce se obțin prin măsurare, P_{ci} fiind puterea calorifică inferioară a unui m³N.

În timpul pornirii cazanului, parametrii gazului în colector fiind H_x și γ_x, consumul orar de gaz v_x va fi dat de relația :

$$v_x = \frac{b_{max}}{P_{ci}} \sqrt{\frac{\gamma_1 H_x}{\gamma_x H_{max}}} \text{ m}^3\text{N/h. arz} \qquad (5)$$

Deoarece la presiunile 1÷1,1 ata și temperaturile 7÷15°C ale gazului care intervin în exploatarea instalației de combustibil $\sqrt{\frac{\gamma_1}{\gamma_x}} \cong 1$, relația (5) ia forma simplificată

$$v_x = \frac{b_{max}}{P_{ci}} \sqrt{\frac{H_x}{H_{max}}} \text{ m}^3\text{N/h. arz.} \qquad (7)$$

Atunci cînd se dispune de curba $B = F(H)$ (consumul de combustibil în funcție de presiunea în colector) ridicată experimental cu ocazia determinării curbei de randament a cazanului, relația (6) va fi dată de oricare din egalitățile de mai jos :

$$v_x = \frac{b_1}{P_{ci}} \sqrt{\frac{H_x}{H_1}} = \frac{b_2}{P_{ci}} \sqrt{\frac{H_x}{H_1}} = \ldots = \frac{b_{max}}{P_{ci}} \sqrt{\frac{H_x}{H_{max}}} \qquad (7)$$

unde : $b_1, H_1, b_2, H_2, \ldots$, etc, reprezintă consumul orar de gaze pe arzător, respectiv presiunea gazului în colector la debitele cazanului D_1, D_2, ... etc.

Egalitățile (7) impun condiția ca ventilele 1, 2, 3, 4, spre exemplu, din fig. 1, care intră în arzătoare să fie egal deschise. Prin aceasta consumul pe gaz de fiecare arzător va fi același, iar aplicarea relației (5) va decurge în condiții corecte.

Consumul de pornire al cazanului, funcționînd în perioada de pornire τ_p cu un arzător, va fi dat de expresia :

$$\Delta V_p^1 = \int_0^{\tau_p} v_x \, d\tau = \frac{b_{max}}{P_{ci} \sqrt{H_{max}}} \int_0^{\tau_p} \sqrt{H_x} \, d\tau \text{ m}^3\text{N}. \qquad (8)$$

În expresia (8), atît v_x, cît și $\sqrt{H_x}$ depind indirect de condițiile din centrală și de aceea acești parametri variază cu timpul, impunînd executarea reglajului respectiv.

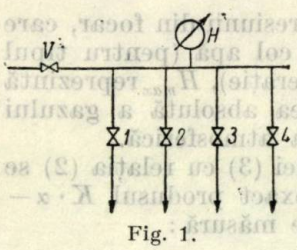


Fig. 1.

Dacă în diferitele intervale ale perioadei de pornire $\Delta\tau_1$, $\Delta\tau_2$, ..., $\Delta\tau_k$ funcționează arzătoarele Z_1, Z_2, ..., Z_k, iar presiunile gazului în colector sînt H_1, H_2, ..., H_k, atunci expresia generală a consumului de pornire va fi :

$$\Delta V_p = \frac{b_{max}}{P_{ci} \cdot \sqrt{H_{max}}} \sum_{i=0}^{k} Z_{i+1} \int_0^{\tau_{i+1}} \sqrt{H_{i+1}} \, d\tau \text{ m}^3\text{N}. \qquad (9)$$

Expresia (9) poate fi adusă la o formă mai simplă, observînd că

$$\frac{\sum_{i=1}^{n} \sqrt{H_i}}{n} \cong \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n} H_i}{n}} = \sqrt{H_{med}}, \qquad (10)$$

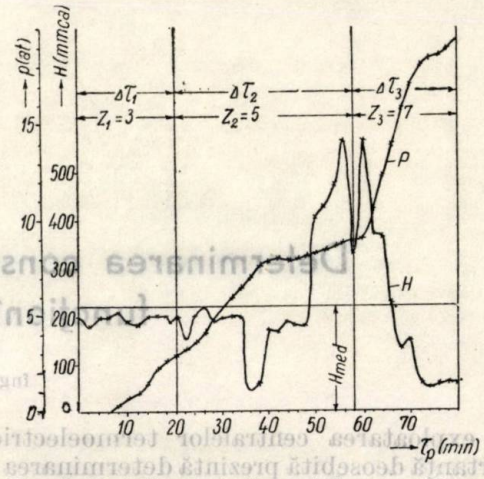


Fig. 2. Variația presiunii gazului metan (H) și a presiunii aburului (P) în perioada de pornire.

unde n reprezintă numărul de înregistrări (în perioada de pornire) ale suprapresiunii H_i din colectorul de gaze. Prin urmare,

$$\Delta V_p = \frac{b_{max}}{P_{ci}} \sqrt{\frac{H_{med}}{H_{max}}} \sum_{i=1}^{k} Z_{i+1} (\tau_{i+1} - \tau_i) \text{ m}^3\text{N}. \qquad (11)$$

Exemplu numeric

Prin măsurători efectuate la un cazan, s-au obținut la sarcina maximă următoarele date :

- debitul de abur, $D_{max} = 31{,}75$ t/h ;
- presiunea aburului supraîncălzit, $p_s = 21{,}25$ ata ;
- temperatura aburului supraîncălzit, $t_s = 397{,}6$°C ;
- temperatura apei de alimentare, $t_{al} = 36$°C ;
- presiunea gazului metan în colector, $H_{max} = 672$ mm col. apă ;
- randamentul brut, determinat pe cale indirectă, $\eta_{br} = 88{,}46\%$;
- puterea calorifică inferioară a unui m³N. de gaz metan (la 15°C, 760 mm Hg), $P_{ci} = 8080$ kcal/m³n.

Cazanul dispune de 11 arzătoare de gaz. Conform relației (2) consumul de căldură pe arzător este :

$$b_{max} = \frac{31{,}75 \cdot 10^{-3} (773{,}5 - 36)}{0{,}884 \cdot 11} = 2{,}405 \cdot 10^6 \text{ kcal/h.arz.}$$

Pentru cazanul ale cărui date principale din perioada de funcționare se dau mai sus, s-au înregistrat la intervale de 2 minute valorile momentane ale presiunii H a gazului în colector și valorile presiunii P a aburului pe întreaga perioadă de pornire. Valorile măsurate sînt reprezentate grafic în fig. 2.

Neregularitatea pronunțată a curbei H se datorează condițiilor de exploatare locale, la care se adaugă faptul că fochistul nu a putut interveni la intervale egale cu cele la care s-au efectuat măsurătorile, deoarece avea de executat mai multe manevre din sala de cazane.

În graficul din fig. 2 se arată numărul de arzătoare Z și intervalele $\Delta\tau$ cuprinse în perioada de pornire, respectiv valoarea presiunii medii H_{med} ce intră sub radicalul expresiei (10).

Relația (11) care exprimă consumul de pornire, pentru exemplul de mai sus va avea următorul aspect:

$$\Delta V_p = \frac{b_{max}}{P_{ci}} \sqrt{\frac{H_{med}}{H_{max}}} (Z_1 \cdot \Delta\tau_i + Z_2 \cdot \Delta\tau_2 + Z_3 \cdot \Delta\tau_3)$$

Făcînd înlocuirile corespunzătoare (fig. 2) se obține următorul consum de pornire exprimat în m³N. gaz metan:

$$\Delta V_p = \frac{10^2 \cdot 2{,}405}{60 \cdot 8080} \sqrt{\frac{220}{672}} (3 \cdot 20 + 5 \cdot 28 + 7 \cdot 22) =$$

$$= 1144 \text{ m}^3\text{N}.$$

Consumul de pornire exprimat în kcal este:

$$\Delta B_p = 1144 \cdot 8080 = 9 \cdot 250.000 \text{ kcal}.$$

Concluzii

Pentru fiecare cazan funcționînd pe combustibil gazos și care nu dispune de contor de combustibil se poate determina suficient de exact consumul de pornire utilizînd metoda expusă și exemplificată mai sus.

Consumurile de pornire, reprezentînd o pierdere serioasă în centrale de vîrf, impun restudierea condițiilor de pornire în scopul scurtării timpului de pornire și reducerii acestor pierderi.

În scopul calculării cît mai exacte a consumului de pornire, este necesar să se „înregistreze" cît mai exact valorile presiunii gazului în colector în perioada de pornire, cunoscînd că înregistrările ce se fac la 1/2 oră în rapoartele de exploatare nu pot furniza valori suficiente pentru a stabili o medie exactă.

Este interesant a se stabili pentru fiecare tip de cazan consumul de pornire în funcție de durata de menținere în rezervă.

Bibliografie

[1] Dinulescu C.: *Contribuții la studiul condițiilor de pornire rapidă a cazanelor și turbinelor din centralele noastre termoelectrice*, Revista Energetică, nr. 2, 1960.

[2] Beilin M.I., Scolinic A.M.: *Regulirovanie podaci topliva i vozduha dlea collov, rabotaiuşcih po mazute i gaze*, Electriceschie Stanții, nr. 8, 1959

[3] Comarov A. M., Lucnițchi V.V.: *Indreptar pentru termotehnicieni*, E.E.S, 1953.

Funcționarea în două faze a liniilor electrice aeriene, cu tensiuni de 110 kV și mai mult, cu neutrul legat direct la pămînt. Exemple de calcul și rezultate experimentale

Ing. *VLAD RĂDULESCU* și *ȘTEFAN FELDMAN*

I. CONSIDERAȚII GENERALE

Documentele celui de-al III-lea Congres al Partidului Muncitoresc Romîn și Hotărîrea din 3 iulie 1960 a C.C. al P.M.R. și a Consiliului de Miniștri al R.P.R. au arătat importanța ridicării nivelului tehnic al producției, precum și căile principale pe care se poate ajunge la realizarea acestui obiectiv.

În industria energiei electrice, un rol important îl joacă metodele noi de exploatare, introduse pentru prima oară în Uniunea Sovietică, care conduc la rezultate economice valoroase în condiții tehnice admisibile.

Din categoria de metode sus-arătate face parte și funcționarea în două faze a liniilor trifazate de transport de energie electrică, cu neutrul legat direct la pămînt, în special în următoarele cazuri:

a) cînd se rupe o fază a unei linii în perioade cînd aceasta ar conduce la limitări de consumuri de energie electrică, mai mari decît cele admisibile;

b) cînd se impune executarea unor operații speciale, numai pe o singură fază, cu restul fazelor în funcțiune, ca de exemplu în cazul topirii electrice a chiciurii formate pe conductori — pe fiecare fază pe rînd.

În asemenea cazuri, consumatorii de energie electrică pot fi alimentați mai departe printr-o asemenea linie, cu prețul unei disimetrii de tensiune, menținută de regulă în limite acceptabile, la bornele receptoarelor respective.

Într-un articol precedent [1], s-a expus teoria funcționării într-o astfel de situație, a unei linii date, deducîndu-se relațiile cu ajutorul cărora se pot calcula componentele simetrice, ale sistemelor disimetrice de curenți și tensiuni, ce apar pe partea consumatorilor, adică în secundarele transformatoarelor, alimentate în primar de o linie cu neutrul legat direct la pămînt, funcționînd în două faze.

Pe baza experienței dobîndite în Uniunea Sovietică și în alte țări socialiste, în ceea ce privește funcționarea liniilor de transport de energie electrică în modul arătat mai sus, s-au efectuat și la noi în țară calcule prealabile și apoi experimentări, pe liniile de 110 kV, cu neutrul legat direct la pămînt, privind funcționarea în două faze a acestora, cu curent de întoarcere prin pămînt.

În cele ce urmează, se prezintă atît modul de efectuare a calculelor prealabile amintite și rezultatele lor, cît mai ales rezultatele obținute cu ocazia experimentării funcționării în două faze a unor linii de 110 kV și concluziile ce rezultă din acestea, pentru buna funcționare a instalațiilor energetice respective și continuitatea alimentării cu energie electrică a consumatorilor. În acest sens, s-au efectuat calcule și măsurători în cazul a două linii radiale de 110 kV, din care una alimenta un mare consumator industrial (șantier petrolifer), iar cea de-a doua un grup de două orașe importante, din care s-au alimentat într-o primă experiență sectoare separate.

La a doua experiență, același grup de orașe a fost alimentat prin linia funcționînd în două faze, în paralel cu centralele locale, precum și cu alt sistem energetic puternic.

În cele ce urmează sînt descrise rezultatele măsurătorilor efectuate.

II. DESCRIEREA EXPERIENȚELOR

1. *Cazul I.* Experiență cu alimentarea, dintr-o singură sursă, a unui mare consumator, printr-o linie de 110kV, funcționînd în două faze.

A. Calcule preliminare

Înaintea efectuării experienței, s-au elaborat calculele pentru schema arătată simplificat în fig. 1, consumatorul — un șantier petrolifer — fiind alimentat în capătul unei linii de 110 kV dintr-o singură centrală (A în schemă), admițîndu-se cazul cel mai defavorabil, cînd în centrală funcționează un singur bloc generator-transformator. Linia de 110 kV dintre A și B, în lungime de circa 67 km (fig. 1), s-a presupus funcționînd în două faze, în regim de durată, întrucît, în cazul ruperii unei faze, linia este foarte greu accesibilă într-o porțiune a ei, în special în timp de iarnă. Calculul s-a efectuat în condițiile de funcționare din prima iarnă, după punerea în funcțiune definitivă a liniei AB, și în care consumatorul nu absorbea decît o putere de (2,5 + j 1,5) MVA, printr-un singur transformator coborîtor de tensiune, de 10 MVA.

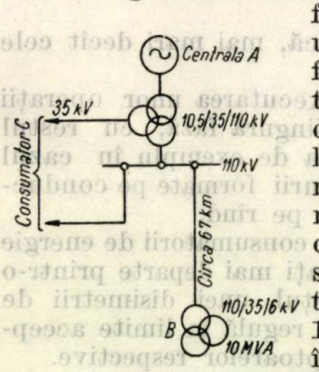


Fig. 1.

Alegîndu-se o putere aparentă de bază S_b = = 1000 MVA, s-a procedat la calculul reactanțelor și impedanțelor relative, după relațiile uzuale respective [1].

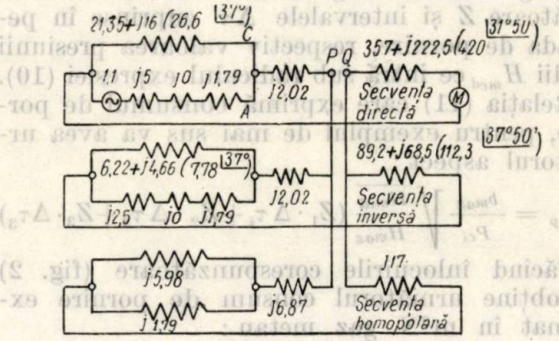


Fig. 2.

Rezultatele acestor calcule s-au introdus în *schema echivalentă a sistemului experimentat*, redată în fig. 2, în care ruperea unei faze s-a presupus la capătul dinspre consumator al liniei AB, cu observația că, în conformitate cu teoria respectivă, între punctele P și Q s-au introdus, în serie cu impedanțele și cu reactanțele de secvență directă, impedanțele de secvență inversă și homopolară, legate în paralel.

Prin reducerea reactanțelor, respectiv impedanțelor din fiecare secvență, se obțin impedanțele rezultante, pentru schema de secvență directă, inversă și homopolară, în unități relative. Luînd totodată tensiunea electromotoare, în unități relative, $E^* = 1{,}1$ și înlocuind în relația cunoscută:

$$\overline{I}_d^* = \frac{\overline{E}^*}{\overline{Z}_d^* + \frac{\overline{Z}_i^* \cdot \overline{Z}_h^*}{\overline{Z}_i^* + \overline{Z}_h^*}} \qquad (1)$$

rezultă curentul direct I_d^* și, mai departe, curentul invers

$$\overline{I}_i^* = \overline{I}_d^* \cdot \frac{\overline{Z}_h^*}{\overline{Z}_i^* + \overline{Z}_d^*} \qquad (2)$$

și apoi dezechilibrul de curent $d_{i\%} = \frac{I_i}{I_d}\ 100$ și disimetria de tensiuni $d_{u\%} = \frac{\Delta U_i}{U_d}$, în care:

$$\Delta \overline{U}_i^* = \overline{Z}_i^* \cdot \overline{I}_i^*; \qquad (3)$$

și

$$\overline{U}_d^* = \overline{E}^* - \overline{Z}_d^* \cdot \overline{I}_d^*. \qquad (4)$$

În cazul de față și în ipotezele arătate mai sus, calculul a dat următoarele rezultate:

a) *dezechilibru de curent* la consumator:

$$d_i = 18{,}8\%$$

b) *disimetria de tensiuni* la consumator:

$$d_u = 5{,}23\%$$

față de cifra maximă admisă în practică, de 10%;

c) *dezechilibrul de curent în generatorul funcționînd în centrala A* : $d_i = 0{,}774\%$, neglijabil față de cifra admisibilă în practică de 5%.

B. Efectuarea experienței

a) *Considerații generale.* Experiența, constînd din deconectarea unei faze pe linia de 110 kV AB și din efectuarea de măsurători de tensiuni și curenți în diferite puncte ale sistemului supus încercării și de temperaturi, la motoarele electrice alimentate, pe de o parte, și de porniri de motoare electrice în regim disimetric, pe de altă parte, a comportat o perioadă destul de lungă de pregătire. Aceasta s-a întîmplat întrucît se executa pentru prima oară la noi în țară o probă organizată de funcționare în două faze și totodată trebuiau organizate punctele de măsurătoare, atît la centrală și în stația coborîtoare de tensiune, cît și la receptoarele consumatorului, în șantierul petrolifer menționat mai sus.

Pentru orientare, cu circa o lună înainte de experiența propriu-zisă, s-a făcut o măsurătoare de tensiuni în stația coborîtoare din B, în timpul unei întreruperi de cîteva minute a unei faze a liniei de 110 kV, AB.

Între timp, sarcina transportată pe linie crescuse peste cifra de circa 3 MVA, pentru care s-au efectuat calculele, și a mai crescut încă, pînă la efectuarea experienței propriu-zise, după cum se va vedea mai departe.

b) *Determinarea dezechilibrului de curent și disimetriei de tensiuni, din măsurătorile făcute.* Fie V_1, V_2, și V_3 modulele vectorilor tensiune sau curent, măsurate pe cele trei faze ale sistemului trifazat, în diferite puncte, cu voltmetrul și cu ampermetrul. Întrucît măsurătorile s-au efectuat numai în circuite cu punctul neutru izolat, componenta de secvență homopolară a sistemului trifazat respectiv este nulă și diagrama vectorială este cea din fig. 3. Din această diagramă, precum și din relațiile componentelor simetrice, rezultă următoarele ecuații, care s-au aplicat pentru determinarea dezechilibrelor, respectiv disimetriilor :

$$\left.\begin{aligned} 3\overline{V}_d &= \overline{V}_1 + a\cdot\overline{V}_2 + a^2\cdot\overline{V}_3 \\ 3\overline{V}_i &= \overline{V}_1 + a^2\cdot\overline{V}_2 + a\cdot\overline{V}_3. \end{aligned}\right\} \quad (5)$$

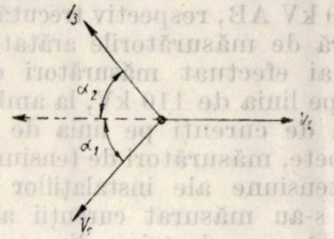


Fig. 3.

Sau, ținînd seamă de diagrama din fig. 3 :

$$\left.\begin{aligned} 3\overline{V}_d = \overline{V}_1 &+ (-0{,}5 + j\ 0{,}865)\\ &(-V_2\cos\alpha_1 - j\ V_2\sin\alpha_1) +\\ &(-0{,}5 - j\ 0{,}865)\ (-V_2\cos\alpha_2 +\\ &+ j\ V_3\sin\alpha_2); \end{aligned}\right\} \quad (5')$$

$$3\overline{V}_i = \overline{V}_1 + (-0{,}5 - j\ 0{,}865)\,(-V_2\cos\alpha_1 - j\ V_2\sin\alpha_1) + (-0{,}5 + j\ 0{,}865)\,(-V_3\cos\alpha_2 + j\ V_3\sin\alpha_2)$$

în care, conform aceleiași diagrame :

$$\left.\begin{aligned} V_2\cos\alpha_1 + V_3\cos\alpha_2 &= V_1\\ V_2\cdot\sqrt{1-\cos^2\alpha_1} &= V_3\cdot\sqrt{1-\cos^2\alpha_2} \end{aligned}\right\} \quad (6)$$

din care rezultă :

$$\left.\begin{aligned} \cos\alpha_2 &= \frac{V_1}{V_3} - \frac{V_2}{V_3}\cdot\cos\alpha_1\\ \cos\alpha_1 &= \frac{V_2^2 + V_1^2 - V_3^2}{2\cdot V_1\cdot V_2}\cdot \end{aligned}\right\} \quad (6')$$

c) *Experiența preliminară*, cu ocazia întreruperii de scurtă durată a unei faze, menționată mai sus, a comportat măsurarea tensiunilor *între fiecare fază și pămînt*, pe barele de 35 și 6 kV ale stației de transformare coborîtoare din B, cu următoarele rezultate :

Tabela 1

Locul de măsurare	Schema alimentării pe 110 kV	U_1 (kV)	U_2 (kV)	U_3 (kV)	Module (kV)		Disimetric : $\frac{U_i}{U_d}\cdot 100$
					U_d	U_i	
Bare 35 kV	trifazată*)	20,65	21,35	20,125	21,1	0,723	3,44 %
Bare 35 kV	în două faze	17,675	20,65	20,125	19,44	1,795	9,24 %
Bare 6 kV	trifazată*)	3,72	3,84	3,72	3,76	0,0883	2,22 %
Bare 6 kV	în două faze	3,51	3,84	3,66	3,67	0,1872	5,55 %

*) înainte de experiență

Sarcina aparentă, vehiculată pe linia de 110 kV şi trecută prin staţia B, a fost de circa 4 MVA, faţă de circa 3 MVA, valoare la care s-a făcut calculul expus mai sus.

d) *Experienţa propriu-zisă* s-a executat la o sarcină de ordinul de 5 MVA, vehiculată pe linia de 110 kV AB, respectiv trecută prin staţia B. În afară de măsurătorile arătate în tabela 1, s-au mai efectuat măsurători de tensiuni între faze pe linia de 110 kV, la ambele capete, măsurători de curenţi pe linia de 110 kV la ambele capete, măsurători de tensiuni pe barele de joasă tensiune ale instalaţiilor petrolifere. În sfîrşit, s-au măsurat curenţii absorbiţi de diferite motoare electrice din şantierul petrolifer şi s-au făcut probe de pornire ale aceloraşi motoare, în regim disimetric.

La capătul liniei de 110 kV din centrala A, tensiunile au fost simetrice, în timp ce la celălalt capăt ele au avut valorile notate în tabela 2. În aceeaşi tabelă s-au trecut şi curenţii pe fază, citiţi la ambele capete ale liniei, precum şi curentul homopolar prin pămînt, la ambele capete. La generatoare nu s-au putut percepe diferenţe între curenţii pe faze.

Măsurătorile de tensiuni, obţinute pe barele 35 şi 6kV din staţia B, sînt consemnate în tabela 3.

Tabela ce urmează conţine rezultatele măsurătorilor pe partea de joasă tensiune în şantierul petrolifer.

În sfîrşit, dezechilibrele de curent, absorbit de diferite motoare electrice, sînt determinate în tabela 5.

2. *Cazul II*: Experienţă cu alimentarea, dintr-o singură sursă, printr-o linie de 110 kV, funcţionînd în două faze, a două mari oraşe apropiate, cu caracter pronunţat industrial.

În acest caz, funcţionarea în două faze este utilă în cazul ruperii unui conductor, fie într-o

Tabela 2

Ora	Regimul pe linia 110 kV	Tensiunea în kV, măsurată între faze în staţia B, (între fazele):			Curenţi în A, măsuraţi pe faze şi pe neutru:				Observaţii
		A–B	B–C	C–A	I_A	I_B	I_C	I_0	
6^{30}	trifazat	111	111	111	în două faze pe linia 110 kV:				
7^{00}	trifazat	113	114	113					
7^{30}	în două faze (începutul probei)	103	112	112	zero	44,0	37	35	La centrală
7^{00}	în două faze	104	111	111	(nu se poate citi)				
8^{14}	în două faze	104	114	113		37,5	35	40	în staţia B
11^{03}	trifazat (sfîrşitul probei)	112	112	112					

Tabela 3

Locul de măsurare	Schema alimentării pe 110 kV	U_1 (kV)	U_2 (kV)	U_3 (kV)	Module (kV) U_d	Module (kV) U_i	Disimetrii $\frac{U_i}{U_d}\cdot 100$	Observaţii
Bare 35 kV	în două faze	18	19	20	19,1	1,218	6,38%	măsurat cu aparate de tablou
Bare 6 kV	trifazată	3,54	3,42	3,42	3,459	0,0927	2,685%	înainte de probă
Bare 6 kV	în două faze ora 8^{00}	3,24	3,54	3,42	3,395	0,202	5,94%	cifră medie circa 6%
Bare 6 kV	în două faze ore 8^{14}	3,18	3,51	3,36	3,367	0,2075	6,17%	

Tabela 4

Locul de măsurare	Schema alimentării pe 110 kV	U_1 V	U_2 V	U_3 V	Module (kV) U_d	Module (kV) U_i	Disimetrie $\frac{U_i}{U_d}\cdot 100$	Observaţii
Punctul T	în două faze	270	280	280	275,9	8,65	3,13%	
Punctul S	în două faze	230	250	240	239,6	−9,9	4,13%	

Tabela 4 bis

Locul de măsurare	Schema alimentării pe 110 kV	I_1 A	I_2 A	I_3 A	Module (A) I_d	Module (A) I_i	Disimetrie $\frac{I_i}{I_d}\cdot 100$	Observații
Motor nr. 2 din T, 500 V, 130 kW, 730 rot/min	în două faze	80	140	110	140,5	36,1	25,7%	Citiri cu ampermetru cleşte de joasă tensiune
Motor nr. 3, din T, 500 V, 130 kW, 730 rot/min	în două faze	100	160	140	131,6	33,1	25 %	
Motor nr. 5, din T, 6 kV, 360 kW, 730 rot/min	în două faze	12	16	15	14,23	2,58	18,1%	Citiri nesigure, în condiţii defavorabile, cu ampermetru-cleşte, pe 6 kV

zonă accidentată, greu accesibilă iarna, pe porţiunea *DF*, fie în zona inundabilă de pe porţiunea *FG* (fig. 4).

În *F* se află o staţie de transformare scoborîtoare, cu alimentarea pe 6 kV a oraşului respectiv şi o alimentare raională pe 35 kV.

Deşi în oraşele *G* şi *H* există centrale electrice locale, s-a considerat funcţionarea acestora pe sectoare separate, cuprinzînd consumatorii mai sensibili, restul sectoarelor urmînd a fi alimentate din sistemul de 110 kV disimetric, spre a se evita un dezechilibru exagerat de curent în generatoarele centralelor locale.

Într-o primă ipoteză a calculului preliminar, s-a admis funcţionarea în două faze numai între *F* şi *G*, transportîndu-se pe această porţiune

Tabela 5

Disimetrii de tensiuni

Locul de măsurare	Schema alimentării pe 110 kV	U_1 (kV)	U_2 (kV)	U_3 (kV)	Module U_d	Module U_i	Disimetrii $\frac{U_d}{U_i}\cdot 100$	Observaţii
Barele 6 kV din centrala D	în două faze	3,62	3,62	3,55	3,592	0,044	1,22	
Barele 35 din staţia 110/35/6 kV G	în două faze	21,5	18,5	19,3	19,68	1,75	8,9	
Barele 6 kV din staţia 110/35/6 kVG	în două faze	3,60	3,17	3,40	3,39	0,255	7,53	
La uzinele metalurgice P din oraşul H (la bornele a diferite motoare asincrone)		(V)	(V)	(V)	(V)	(V)		
Compresor 220 CP „Reşiţa"	în două faze	190	212	194	198,2	13,55	6,83	
Compresor „Borsig", 220 V, 230 A	în două faze	107,5	112,5	117,0	112,4	5,57	4,95	
Ventilator 220 V, 25,6 A	în două faze	109	122	112,5	114,2	7,72	6,78	Media aritmetică, circa 5,88%
Ventilator 308 V, 25,2 kW	în două faze	191	195	208	197,8	10,26	5,18	
Bare joasă tensiune, centrala de forţă	în două faze	200	206	220	208,3	11,8	5,67	

10 MVA. S-au obținut însă cifrele : $d_i = 35{,}75$ %, $d_u = 13{,}5\%$. A doua ipoteză a considerat funcționarea în două faze pe întregul parcurs

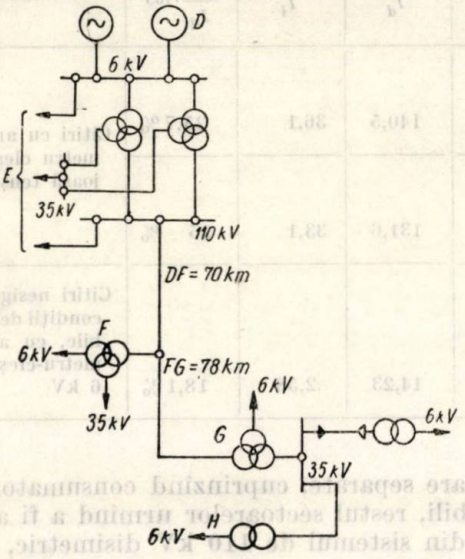


Fig. 4.

dintre D și G, cu transportul a 5 MVA, obținînd $d_i = 31{,}7\%$ și $d_u = 9{,}65\%$.

În a treia ipoteză, s-a examinat mersul în două faze numai pe porțiunea FG, transportînd pe această porțiune 5 MVA. Această ipoteză corespunzînd schemei care s-a utilizat în experiență, s-a redat schema echivalentă detaliată respectivă în fig. 5, în care se observă atît reactanțele liniilor de 110 kV și ale transformatoarelor, cît și impedanțele consumatorilor, racordați după cum urmează :

— pe 110, 35 și 6 kV, din centrala electrică D (pe partea sursei, în schema echivalentă) ;

— pe 35 și 6 kV, în punctul F (pe partea sursei, în schema echivalentă) ;

— pe 35 și 6 kV, în centrele de consumație G —H (partea dinspre consumator a schemei).

Prin reduceri succesive ale schemei echivalente din fig. 5, urmînd calculul succesiv al impedanțelor echivalente celor legate în paralel, după indicațiile date la cazul I, s-a ajuns la următoarele rezultate, *valabile la o putere aparentă transportată de 5 MVA*, cu linia de 110 kV funcționînd în două faze numai între F și G :

— dezechilibru de curent : $d_i = 21{,}9\%$;

— disimetrie de tensiuni : $d_u = 8{,}6\%$.

Ținînd seamă de rezultatele experienței precedente, descrisă mai sus, și mai ales de faptul, asupra căruia se va reveni mai departe, că disimetria de tensiune la bornele motoarelor asincrone este apreciabil mai redusă, la experiența pe viu s-au încărcat mai mult sectoarele alimentate din sistemul de 110 kV, transportîndu-se între F și G, în două faze, o putere aparentă de 6,3 MVA. În această situație, mă-

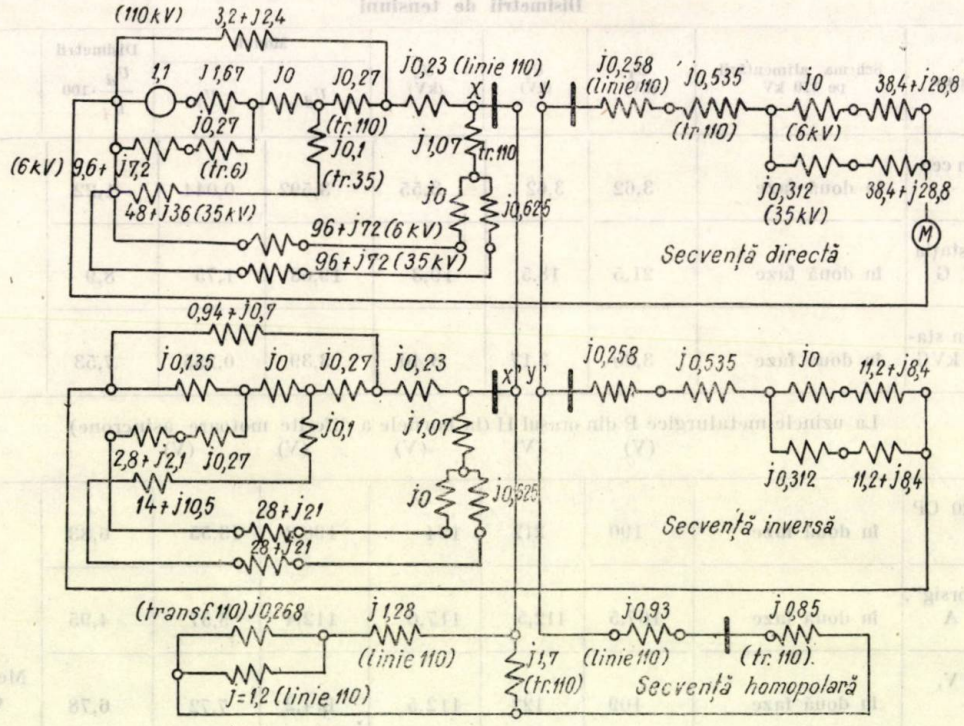


Fig. 5.

surătorile efectuate s-au reprodus în tabelele 5 și 6.

3) *Observații și concluzii relativ la experiențele efectuate cu alimentarea liniei de 110 kV,*

Tabela 6

Dezechilibru de curenţi

Local de măsurare	Schema alimentării pe 110 kV	I_2 A	I_2 A	I_3 A	Module I_d (A)	Module I_i (A)	Dezechilibru $\frac{I_i}{I_d} \cdot 100$	Observaţii
Generator 1, în D	în două faze	2 000	2 020	2 060	2 027	36,45	1,8	
Generator 2, în D	în două faze	1 200	1 200	1 300	1 231,3	68	5,52	
Pe linia 110 kV spre G	în două faze	41	30	31	34,5	6,50	18,82	
Pe linia 110 kV spre E	în două faze	106	110	110	109	— 2,43	2,23	
În staţia G, 110/35/6 kV, pe 35 kV	în două faze	66	45	78	60,2	14,07	23,30	
În staţia G, 110/35/6 kV, pe 6 kV	în două faze	228	180	156	211	42,5	20,10	
Uzinele metalurgice P din oraşul H:								
1. Compresor 220 CP „Reşiţa", 380 V	în trei faze	340	350	360	350	11,4	5,53	
2. Compresor 220 CP „Reşiţa", 380 V	în două faze (pornire)	420	460	320	398	89,	22,5	Media aritmetică a dezechilibrelor de la 2÷6 : 28,6 %
3. Compresor 220 V „Borsig", 230 A	în două faze (pornire)	40	300	300	329	71,0	21,5	Media aritmetică a dezechilibrelor de la 2÷3÷4 : 24,3 %
4. Compresor 220 V „Borsig", 230 A, mers de regim	în două faze	250	270	160	222,7	64,3	28,9	
5. Ventilator 380 V 20 kW	în două faze	22	38	45	35,4	12,5	35,3	Dacă se face media cifrelor de mai sus, rezultă 26,45 %
6. Pompă, 220 V	în două faze	2,4	4,4	3,5	3,21	1,148	34,7	
7. Pompă 220 V	în trei faze	3,6	3,4	3,4	7,78	0,183	4,82	

funcţionînd în două faze, dintr-o singură sursă de energie:

a) Cele două experienţe efectuate în condiţiile arătate mai sus au confirmat într-o măsură mulţumitoare cifrele de calcul, ţinînd seama în primul rînd de aproximaţia calculului şi în al doilea rînd de neprecizia măsurătorilor. În ceea ce priveşte cel de-al doilea factor citat, trebuie relevat faptul că măsurătorile de curenţi şi tensiuni la consumatori s-au aplicat unor motoare electrice funcţionînd în condiţiile cele mai grele, adică în sarcină practic constantă şi cît mai apropiată de cea nominală. În această categorie s-au ales, de regulă, motoare electrice acţionînd compresoare şi pompe cu piston; or, o caracteristică a acestora este variaţia pulsatorie a curentului absorbit. De asemenea, s-au făcut măsurători şi pe pompe şi ventilatoare centrifuge, cu funcţionare de lungă durată.

În primul caz citat, o măsurătoare corectă ar trebui să comporte o citire simultană şi pe cît posibil în momentul amplitudinii maxime a pulsaţiei curentului, pe toate fazele, atît la ampermetre, cît şi la voltmetre.

Aceasta ar fi necesitat în fiecare punct de măsură cîte trei ampermetre şi cîte trei voltmetre şi deci un număr mare de instrumente de măsură, care nu au fost disponibile. De asemenea, din lipsă de transformatoare de curent în număr suficient, s-a lucrat în multe cazuri cu

ampermetre-cleşte, renunţîndu-se prin aceasta la simultaneitatea citirilor pe faze.

Mai departe, nu în toate cazurile de măsurători s-a ţinut seamă de sensul corect de rotaţie al fazelor, înscriind citirile în ordine inversă, ceea ce a dat erori în calcule de dezechilibru de curent, respectiv de disimetrii de tensiune.

În sfîrşit, în cazul motoarelor cu curenţi absorbiţi mici, date fiind variaţia rapidă a curenţilor şi erorile relative de citire mari, citirile făcute au condus la valori nesigure pentru dezechilibrele de curent (penultimele citiri, 5 şi 6 din tabela 6).

b) În linii mari, s-au verificat principiile stabilite teoretic, şi anume : dezechilibrul de curent se menţine aproape constant, de la sursă la consumator, exceptînd partea de 110 kV. De asemenea, din tabelele de mai sus se verifică faptul că dezechilibrul creşte cu sarcina aparentă, transportată în două faze.

În cazul II, linia de 110 kV funcţionînd în trei faze pînă în punctul F şi transportînd curent activ şi pe faza întreruptă la capătul din G, pentru alimentarea consumatorului din F, valorile curenţilor pe cele trei faze ale liniei sînt de acelaşi ordin de mărime; în special I_2 şi I_3 sînt practic egali, datorită valorii importante a curentului capacitiv, pe linia în lungime totală de circa 148 km, între D şi G. Aceasta explică dezechilibrul redus, de 18,82%, pe porţiunea DF a liniei de 110 kV (poziţia a treia, tabela 6).

Disimetria de tensiune se reduce la fiecare transformare coborîtoare, cu înfăşurare triunghi pe joasă tensiune, dat fiind în special efectul de reducere a deformării sistemului de vectori al tensiunilor pe fază, în cazul transformării de la 110 la 35 kV, respectiv 6 kV.

O cifră neconcordantă a disimetriei de tensiune din cazul poz. 2, tabela 1 (tensiuni pe fază pe barele de 35 kV din staţia B), conducînd la valoarea exagerată de 9,24%, poate fi explicată prin faptul că chiar şi în funcţionare trifazată s-a obţinut, pe aceleaşi bare, o disimetrie de circa 3,44%, datorită probabil funcţionării unor consumatori asimetrici pe 35 kV (transformatoare monofazate, de la 35 kV la joasă tensiune, la o staţie de dezbenzinare).

c) În ceea ce priveşte dezechilibrul de curent în generatoare, în cazul I (dezechilibru teoretic 0,774%), el n-a putut fi sezisat de instrumentele de tablou la care s-au făcut citirile. În cazul II, în generatorul 1, funcţionînd mai aproape de sarcina nominală, dezechilibrul a fost de 1,8% faţă de 1,26%, calculat pentru sarcina nominală.

Dezechilibrul de 5,52%, în generatorul 2, care funcţiona la numai 38% din sarcina nominală aparentă, se explică prin faptul scăderii curentului direct, într-o proporţie mult mai mare decît reducerea curentului invers, datorită impedanţei mai mari de secvenţă inversă, la sarcină redusă. Dat fiind că dezechilibrul maxim admisibil, de 5%, se înţelege la plină sarcină, depăşirea cu numai 10% a acestei cifre, la sarcină redusă, este fără nici un risc pentru generatorul respectiv.

d) Motoarele electrice controlate, în timpul funcţionării liniei de 110 kV în două faze, nu au prezentat încălziri exagerate, deşi au atins temperatura de regim corespunzătoare, funcţionarea disimetrică depăşind în ambele experienţe durata de trei ore. Aceasta, deşi în unele cazuri curentul pe o fază a depăşit cu pînă la 30% valoarea curentului nominal respectiv.

Pornirea motoarelor în regim disimetric s-a putut efectua în condiţii mulţumitoare, cu condiţia reducerii sarcinii în momentul pornirii, dacă nu s-a putut chiar porni în gol, condiţie care, în general, se poate realiza. Situaţia cea mai dificilă s-a prezentat în cazul II, la pornirea unui compresor debitînd pe un rezervor de aer comprimat cu presiune dată, ceea ce a permis totuşi o pornire normală, prin repartiţia debitelor, cu un alt compresor, funcţionînd în paralel şi aflat în regim permanent.

4) *Cazul III. Experienţă cu funcţionarea în paralel a trei surse, într-un sistem de 110 kV, în care funcţionează în două faze o linie de interconexiune.*

A. Calcule preliminare

Cu ocazia experienţei denumite „cazul II", dat fiind numărul mare de puncte de măsură şi numărul mare de citiri necesare, nu s-a putut extinde încercarea, în timpul limitat de care s-a dispus, şi la situaţia cu o fază întreruptă pe întreaga linie, între D şi G.

A fost deci necesar să se organizeze în acest scop o nouă experienţă; dar între timp, în

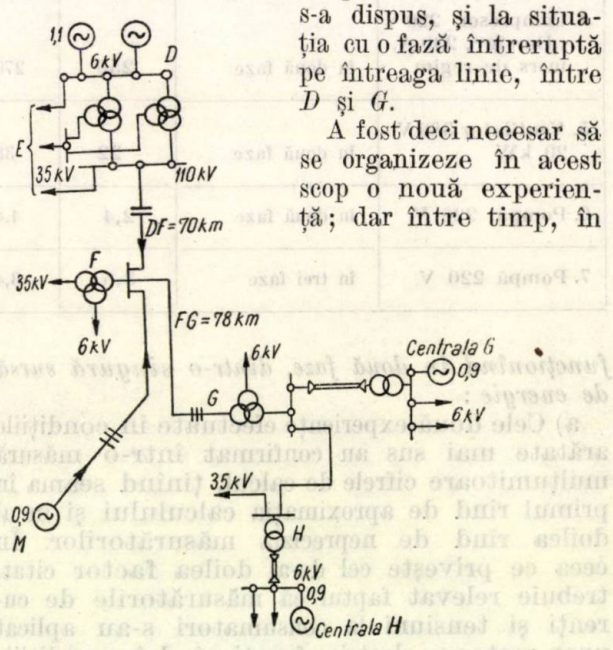


Fig. 6.

punctul F (fig. 4) s-a racordat un sistem energetic puternic, denumit mai jos „M" — pe 110 kV. În această situaţie, s-a hotărît să se examineze, în ipoteza unei faze rupte pe linia

de 110 kV între D și F, posibilitatea de transport de energie pe această linie către consumatorii din F, G și H, alimentați simultan prin circuite trifazate din sistemul energetic „M", precum și din centralele locale, din G și H.

În fig. 6 s-a reprodus schema valabilă pentru experiență, în care se vede că în sistemul de 110 kV, porțiunea DF a funcționat în două faze, iar legătura cu sistemul „M" și porțiunea FG, trifazat.

S-a presupus funcționarea a două grupuri în centrala electrică D, la o tensiune electromotoare relativă egală cu 1,1, în timp ce tensiunea electromotoare la generatoarele echivalente centralelor locale din G și H și a generatorului echivalent al sistemului energetic „M", s-au luat la valoarea relativă de 0,9.

În acest mod este posibilă o circulație de curent pe linia DF, funcționînd în două faze, în sensul de la D spre F. Calculul preliminar s-a făcut pentru sarcina maximă, corespunzînd vîrfului de iarnă din perioada respectivă, considerîndu-se că centrul de consumație F absoarbe 5 MVA, iar complexul celor două centre importante G și H, un total de 45 MVA, din care jumătate se acoperă din centralele electrice locale, funcționînd cu toate grupurile generatoare încărcate la maximum. Puterea aparentă de bază s-a luat egală cu 100 MVA. Înlocuindu-se toate elementele sistemului complex, reprezentat în fig. 6, prin impedanțele respective, pe cele trei secvențe ale componentelor simetrice, s-a determinat mai întîi impedanța echivalentă a ramurii $F-G(H)$, apoi cea a sistemului energetic „M" și apoi s-a calculat impedanța echivalentă a acestora în paralel, între ele și cu impedanța echivalentă a consumatorului din F.

În sfîrșit, rezultanta acestora s-a considerat în serie cu impedanța echivalentă a sistemului dintre D și F, obținîndu-se o impedanță echivalentă pe întregul sistem complex, a cărui schemă este redată în fig. 6 (impedanța reprezentată prin vectorul $2{,}285\underline{|51°50'}$).

Calculele efectuate în acest scop, fiind laborioase, nu s-au mai reprodus aici.

În cele din urmă, întreaga schemă complexă din fig. 6 se înlocuiește prin configurația simplă din fig. 7, în care două tensiuni electromotoare E și E', de valori inegale și în opoziție, debitează pe o impedanță legată în serie, între ele.

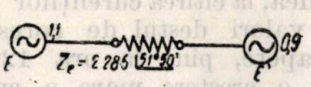


Fig. 7

Față de întrega aproximație a calculului prealabil, care fixează o anumită situație, din posibilitățile multiple pe care le oferă reglajul, la mersul în paralel a trei surse de energie, s-a considerat că nu există decalaj între cele două tensiuni electromotoare din fig. 7. În acest caz, curentul de secvență directă, cu sensul de la E spre E', rezultă din relația simplă:

$$I_d^* = \frac{\overline{E^*|0°} - \overline{E^{*\prime}|0°}}{\overline{Z_e^*}} = \frac{(E^* - E^{*\prime})|0°}{\overline{Z_e^*}} \qquad (7)$$

în care $\overline{Z_e^*}$ este impedanța echivalentă a sistemului, indicată anterior. Înlocuind în formulă

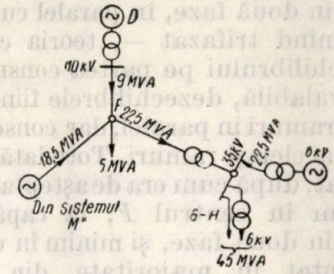


Fig. 8.

valorile menționate mai sus, pentru E^*, $E^{*\prime}$ și Z_e^*, rezultă:

$$\overline{I_d^*} = \frac{\overline{1{,}1|0°} - \overline{0{,}9|0°}}{2{,}285\underline{|51°50'}} = \frac{0{,}2\underline{|0°}}{2{,}285\underline{|51°50'}} = 0{,}0878\underline{|-51°50'} \qquad (7')$$

La puterea de bază a sistemului de 100 MVA și la tensiunea de 110 kV, rezultă curentul de bază:

$$I_b = \frac{100.000}{\sqrt{3}\cdot 110} = 525 \text{ A}$$

și curentul transportat între D și F:

$$I_d = 0{,}0878.525 \text{ A} = 46{,}1 \text{ A}$$

iar sarcina aparentă transportată rezultă din relația:

$$S = \sqrt{3}.\ 110.\ 46{,}1.10^{-3} \text{ MVA} \cong 8{,}75 \text{ MVA}$$

S-a admis cifra rotundă de 9 MVA, stabilindu-se circulația de puteri aparente, redată în schema din fig. 8.

În această schemă, centralele locale s-au figurat printr-un singur generator, debitînd prin transformator pe barele de 35 kV ale stației de 110/35/6 kV din G. De asemenea, s-a considerat întreaga sarcină, absorbită de centrele G și H, preluată din aceleași bare de 35 kV, ceea ce este foarte aproape de realitate, sarcina preluată direct din barele de 6 kV ale stației G fiind mică, în raport cu totalul absorbit de cele două centre G și H.

Pornind de la circulația menționată, prin altă serie de calcule laborioase, constînd din combinări de impedanțe în paralel, s-au stabilit curenții de secvență directă și inversă în diferitele ramuri ale sistemului studiat, iar după

aceasta s-au determinat dezechilibrele de curent în acele ramuri. În cele ce urmează, se redau cifrele esențiale care interesau efectuarea experienței :

Dezechilibrul la consumator, în F : 12,13%.

Dezechilibrul de curent în complexul centrelor G și H :5,48%.

Dezechilibrul de curent în generatoarele centralei electrice D : 6,55%.

Desigur că, în sistemul complex, a cărui funcționare s-a studiat — o linie de 110 kV funcționînd în două faze, în paralel cu alte două linii funcționînd trifazat —, teoria conservării valorii dezechilibrului pe partea consumatorilor nu mai este valabilă, dezechilibrele fiind diferite, pe diferitele ramuri în paralel, dar conservîndu-se în cuprinsul aceleiași ramuri. Totodată, din calcule a rezultat, după cum era de așteptat, dezechilibrul maxim în centrul F, la capătul liniei funcționînd în două faze, și minim în complexul G-H, alimentat în majoritate din sistemul trifazat M și din centralele locale.

În cadrul acestui complex, dezechilibrul de curent în generatoarele centralelor locale se menține la ordinul de mărime admisibil de 5,5%, bineînțeles *în ipoteza adoptată pentru calcul*, a funcționării tuturor grupurilor generatoare din ambele centrale, *din G și H, la sarcina nominală.*

Date fiind valorile reduse ale dezechilibrelor de curent la consumatori, nu s-a mai făcut calculul disimetriilor de tensiune la aceștia, care în orice caz rămîne sub 5%.

În schimb, în centrala electrică D, dezechilibrul de curent în generatoare, obținut din calcul, a rezultat întrucîtva mai mare, la plină sarcină, decît cifra admisă de 5%.

B. Mersul experienței

Efectuarea experienței a fost urgentată din alte motive și s-a efectuat în luna *iunie* și totodată într-o duminică, spre a se dispune de rezervele necesare în caz de avarie, care era posibilă în sistemul complex supus încercărilor. Din această cauză, sarcina absorbită de centrele consumatoare F, G și H a fost redusă, iar din sistem nu s-a putut lua decît un minimum, întrucît circa jumătate din sarcina principalilor consumatori (centrele $G-H$) trebuia dată din centralele electrice locale, a căror menținere în paralel, în sistemul complex studiat, era o premisă a experienței.

Pentru a se evita situația rezultată din calcul, care indica o depășire a cifrei admisibile de 5%, a dezechilibrului de curent în generatoare în centrala D, la funcționarea cu două unități în paralel, s-a funcționat în cursul experienței cu încă o unitate în paralel, și anume generatorul unui grup cu turbină de contrapresiune, montat între timp în centrala D, de egală putere cu celelalte două unități. Întrucît însă nu se dispunea de abur suficient pentru turbină, generatorul menționat a funcționat în compensator sincron. În acest mod și dată fiind puterea mai redusă, transportată în două faze, dezechilibrul de curent în generatoarele din centrala electrică D a fost în limite admisibile, după cum se arată mai departe. În schimb, în centrala din G, unde s-a funcționat cu un singur generator, încărcat cu mult sub puterea sa nominală, în loc de a se funcționa în plin cu centrala, dezechilibrul de curent în acest generator a fost mult mai mare decît cel calculat.

Pentru efectuarea măsurătorilor, începînd de la ora 9, cu linia de 110 kV în regim trifazat între F și D, s-a reglat la zero sarcina circulînd între sistemul „M" și cel supus experienței. La ora 10^{55}, s-a deschis în această situație, la ambele capete, faza T, pe aceeași porțiune de linie. Apoi, pînă la ora 11^{30} s-a mărit sarcina transportată de la F la D, pînă la valoarea de circa 5 MVA. În sfîrșit s-a inversat circulația de putere aparentă, transportîndu-se între 11^{30} și 14^{40} putere de la D spre F și împingîndu-se valoarea acesteia pînă la circa 9 MVA (valoare luată în calcul).

În aceste condiții, s-au obținut rezultatele concretizate în tabelele 7, 8 și 9.

C. Disimetriile de tensiuni

Au fost foarte reduse, în toate punctele de măsurătoare, pentru care motiv nu se mai reproduc aici tabelele de rezultate ale măsurătorilor. Cea mai mare disimetrie de tensiuni, calculată pe baza măsurătorilor, a fost de 4,64%, față de $d_u = 10\%$, maximul admis. Corespunzător, pornirile de motoare la consumatori, în regim disimetric, s-au realizat fără nici o dificultate.

5) *Observații și concluzii asupra experienței efectuate în cazul III.*

a) Ca și în cazul celorlalte două experiențe, se observă o dispersiune mare a citirilor la măsurători, datorită cauzelor deja semnalate mai înainte.

Nepotriviri au mai rezultat și din necoincidența orei, în diferite puncte de măsurătoare : astfel, la ora 11^{10} s-a citit în stația F o putere activă între 2 și 4 MW, vehiculată spre D, în timp ce, pe ieșirea 110 kV din centrala D spre F, puterea citită a fost zero, ceea ce nu se explică decît prin diferența de oră.

De asemenea, la citirea curenților pe 110 kV, care a dat valori destul de corespunzătoare, la ambele capete, pînă la ora 12^{45}, la 13^{45}, se constată o creștere mare a curentului la capătul din D, față de curentul din capătul de la F. Aceasta se explică prin diferența de reglaj a orei, sarcina fiind în acel moment în totală descreștere — dar și prin creșterea decalajului curentului transportat pe 110 kV, ceea ce a mărit rezultanta, între acesta și curentul capacitiv al liniei.

De altfel, întreaga evoluție a dezechilibrelor și disimetriilor, în cursul experienței, a fost afectată de scăderea continuă, către ora prînzului, a sarcinii celor două orașe alimentate, experiența efectuîndu-se în plus într-o duminică de vară.

b) *În ceea ce privește dezechilibrele de curent la consumatori*, trebuie în primul rînd observat că valorile calculate în stația *F* la ora 9 nu trebuie luate în considerare, întrucît au fost influențate de reglajul sarcinii între sisteme, care era în curs în acel moment; în realitate, dezechilibrul a fost zero, corespunzător sarcinii trifazate simetrice.

Mai departe, se constată că, în timpul circulației de putere de la *F* la *D*, pe linia de 110 kV funcționînd în două faze, dezechilibrele de curent s-au menținut la valori reduse, în punctul *F* sau în apropierea lui (între 1,75% și 9,42%), în timp ce în zona *G-H*, la o distanță mare de linia de 110 kV funcționînd în două faze, deze-

A) **Dezechilibre de curent la consumatori** *Tabela 7*

Locul măsurătorii și regimul de funcționare pe 110 kV	Pe partea 35 kV (A)					Pe Partea 6 kV (A)					Puteri active absorbite	
	O a	Faza *R*	Faza *S*	Faza *T*	d_i %	O a	Faza *R*	Faza *S*	Faza *T*	d_i %	Pe 35 kV	Pe 6 kV
1) *La consumatorii din F*:												
a) *Pe transformatorul scobortor de tensiune*:												
trifazat, simetric	9^{00}	11,6	13,0	11,4	8,22	9^{00}	51,0	55,2	56,4	9,16	0,60	0,42
disimetric, circulația F—D	11^{10}	12,0	11,8	11,8	1,75	11^{10}	48,0	54,0	51,0	6,64	0,65	0,45
idem D—F	12^{45}	9,4	8,8	9,2	11,30	12^{45}	33,6	45,0	42,0	16,12	0,70	0,30
idem D—F	13^{45}	12,8	14,2	10,4	17,80	13^{45}	39,6	46,8	41,4	10,20	0,60	0,28
b) *La consumatorii propriu-zișI Motor 380 F, 60 kW, în F*						*Motor 380 F, 120 kW, Șantier D*:					Observații	
trifazat, simetric	9^{00}	81	81	81	0	9^{00}	240	240	235	3,65	mers normal	
	—	330	330	330	0	—	—	—	—	—	pornire	
disimetric, circulația F—D	11^{10}	86	78	90	8,16	11^{10}	200	220	220	6,43	mers normal	
		330	330	330	0	—	340	350	400	9,42	pornire	
idem D—F	12^{45}	78	84	70	15,37	12^{45}	195	205	225	7,76	mers normal	
		330	340	380	14,60		400	400	400	0	pornire	
idem D—F	13^{45}	72	94	64	22,67	12^{50}	200	240	200	10,53	mers normal	
		340	340	330	1,67		400	460	420	8,37	pornire	
idem D—F						13^{45}	220	220	250	9,13	mers normal	
							520	600	560	8,39	pornire	
2) *La consumatorii din G-H*:											*Puteri absorbite(MW)*	
a) *Pe transformatorul scobortor de tensiune*:											*Pe 35 kV*	*Pe 6 kV*
trifazat, simetric	9^{00}	96	96	96	0	9^{00}	156	156	156	0	7,5	1,0
disimetric, circulația F—D	11^{10}	92	92	92	0	11^{10}	166	166	166	0	5,0	1,2
idem D—F	12^{45}	64	60	48	16,46	12^{45}	120	126	116	12,79	3,0	0,7
idem D—F	13^{45}	56	56	40	20,10	13^{45}	92	88	86	10,38	3,0	0,5
b) *Motor în stația de pompe zona H, 500 V, 250Wk (mers normal)*												
Trifazat, simetric	9^{30}	305	305	305	0	—	—	—	—	—	—	—
disimetric, circulația F—D	11^{35}	300	300	300	0	—	—	—	—	—	—	—
idem D—F	12^{45}	270	270	290	5,0	—	—	—	—	—	—	—
idem D—F	14^{10}	250	280	300	10,48	—	—	—	—	—	—	—

B) **Curenţi şi puteri pe liniile 110 kV** *Tabela 8*

Locul măsurătorii şi regimul de funcţionare	Ora	Curenţi în A				Puteri	
		R	*S*	*T*	*O**	Active (MVA)	Reactive (MVA)
a) *În centrala D, pe ieşirea spre F*:							
trifazat, simetric	9^{45}	0	0	0	0	0	0
disimetric, circulaţia F—D	11^{15}	0	0	0	11	0	0
idem D—F	12^{30}	45	45	0	41	4,0	2,0
idem D—F	13^{45}	95	95	0	44	8,0	4,0
idem D—F	14^{35}	50	50	0	41	3,0 ÷ 4,0	2,0
b) *În staţia F, pe cupla 110 kV*:							
trifazat, simetric	9^{00}	16	16	16	0	zero	zero
disimetric, circulaţia F—D	11^{10}	20 ÷ 28,4	16 ÷ 18	4 ÷ 10	12 ÷ 8	2 ÷ 4	
idem D—F	12^{45}	42	43 ÷ 45	4 ÷ 6	32 ÷ 36	instrumentele bat invers	
idem D—F	13^{45}	52 ÷ 72	44 ÷ 46	4 ÷ 8	44 ÷ 52	instrumentele bat invers	
c) *În staţia G, pe intrarea 110 kV*:							
trifazat, simetric	9^{00}	57	57	57	0	9,5 ÷ 10	3,00
disimetric, circulaţia F—D	11^{10}	51	48	51	9 ÷ 15	8,00	1,50
idem D—F	12^{45}	36	36	24	15	4,00	2,55
idem D—F	13^{45}	33	36	15	28	3,50	2,00

*) curentul însumat pe neutrele transformatoarelor din D

B') **Dezechilibre de curent în generatoare şi transformatoare, în centrală** *Tabela 9*

Locul măsurătorii şi regimul de funcţionare pe 110 kV	Ora	Curentul în kA pe fază			Curentul în kA în fază			Curentul în kA pe fază			Dezechilibru d_i (%)	Observaţii
		R	*S*	*T*	*R*	*S*	*T*	*R*	*S*	*T*		
a) În centrala D		*Generator 1*			*Generator 2*			*Generator 3*				Valorile d_i s-au calculat numai pe generatorul cel mai descărcat, cu valori maxime de dezechilibru (generatorul 3)
trifazat, simetric	9^{45}	1,00	1,00	1,00	2,00	2,00	2,00	1,20	1,20	1,20	0	
disimetric, circulaţia F—D	10^{55}	0,80	0,75	0,75	1,65	1,70	1,70	1,30	1,25	1,35	4,46	
idem F—D	11^{15}	0,95	0,90	0,90	1,75	1,75	1,75	1,33	0,30	1,30	0,38	
idem D—F	12^{30}	1,80	1,70	1,65	1,90	1,90	1,85	1,50	1,55	1,45	4,13	
idem D—F	13^{45}	1,70	1,70	1,65	1,95	1,95	1,95	1,40	1,40	1,30	4,94	
b) *În centrala G*:		*Transformator I (A)* partea 6 kV			d_i (%)			*Transformator II (A)* partea 6 kV (din %)				
disimetric, circulaţia D—F	12^{00}	144	132	120	10,55	—	—	116,5	90,0	113,5	22,2	Între orele 9^{45} şi 12^{00}, d_i a fost neglijabilă
disimetric, circulaţia D—F	13^{00}	90,0	72,0	42,0	41,50	—	—	72,0	60,0	42,0	29,6	citire greşită ($I_R > I_S + I_T$)
disimetric, circulaţia D—F	14^{00}	74,4	54	27,6	63,70	—	—	66,0	42,0	192	—	
c) În centrala G		*Generator 3* d_i% *A*					Ora	d) *În centrala H* *Generator 1*: *A*			d_i (%)	
trifazat, simetric	9^{00}	500	500	500	0	—	—	—	—	—	—	
disimetric, circulaţia F—D	11^{00}	420	450	450	4,59	—	—	—	—	—	—	
idem F—D	11^{30}	450	475	495	9,30	—	9^{00}	360	360	360	0	regim simetric
idem D—F	12^{00}	462	456	456	2,35	—	11^{15}	324	320	320	0,79	disimetric, circulaţia F—D
idem D—F	13^{10}	408	348	372	9,48	—	13^{45}	320	336	336	3,13	idem D—F
								Generator 2: d_i (%)				
idem D—F	14^{00}	350	280	305	14,00	—	9^{00}	350	350	350	0	regim simetric
idem D—F	14^{10}	336	264	288	14,57	—	11^{15}	324	324	320	0,187	disimetric, circulaţia F—D
							13^{45}	320	336	228	2,64	idem D—F

chilibrul de curent nu s-a resimțit, valorile sale rămînînd la zero.

În timpul circulației de putere de la D la F, valorile dezechilibrelor au fost mai mari, și anume:

— în punctul F, au variat între 10,20 și 22,67%, față de valoarea calculată, de 12,13%;

— în șantierul D, alimentat printr-o linie de 35 kV de circa 20 km, din stația F, au variat între 9,13 și 10,53%;

— în zona $G-H$, dezechilibrele au variat între 10,38 și 20,10%, față de valoarea de 5,48%, calculată în prealabil, la un consum de putere corespunzător vîrfului de iarnă și cu toate generatoarele locale în funcțiune, dar la sarcinile reduse, efectiv realizate în timpul experienței.

În ceea ce privește dezechilibrele de curent, măsurate pe motoare electrice la consumatori, nu se poate conta pe valorile măsurate la pornirea motoarelor electrice, din cauza rapidității fenomenului, deși, pe de altă parte, erorile relative se reduc, date fiind valorile mari citite, ale curenților de pornire;

— *în centrala electrică* D, dezechilibrul s-a calculat numai la funcționarea în compensator sincron a generatorului nr. 3, încărcat mai slab și mai dezechilibrat ca generatoarele nr. 1 și 2. Cu această ocazie, s-a constatat un dezechilibru de 4,46% la începutul reglajului circulației de putere de la F spre D (ora 10^{55}), ca să devină neglijabilă (0,382%) la maximum de putere vehiculată în acest sens. Mai departe, în timpul circulației puterii de la D la F, dezechilibrul a crescut, cu oarecare oscilații, pînă la 4,94 % (tabela 9, a). În tot timpul experienței, dezechilibrul de curent în celelalte două generatoare în funcțiune s-a menținut sub valoarea de 5%;

— *în centrala electrică* G, sînt de făcut următoarele observații, relativ la dezechilibrele de curent în generatorul nr. 3, care a funcționat singur în timpul probei: În timpul circulației puterii de la F la D, valoarea dezechilibrului a variat de la zero la 9,30%, iar la circulația inversă, între 2,35% și 14,57%. Simultan, curentul produs de generator a scăzut de la 500 A (plină sarcină aparentă, la 9^{45}), la circa 300 A în mediu (60% din această sarcină), la sfîrșitul experienței. Aceasta a făcut să se mențină temperaturi admisibile în toate părțile generatorului, deși dezechilibrul, calculat după „Prescripțiile de exploatare tehnică a centralelor și rețelelor electrice" (PET), conform [1] ecuația (5), a ajuns la maximum 14,4%, față de 10% la sarcină nominală, admis de PET;

— *în transformatoarele de 35/6 kV din aceeași centrală*, dezechilibrele de curent calculate au variat în timpul circulației de la D la F, de la 10,55% la 41,5% și chiar la 63,7%, în timp ce la circulația între F și D au corespuns dezechilibre egale cu zero (alimentare trifazată). Deși valorile citate sînt apreciabil mai mari decît cele determinate pe partea de 35 kV a transformatoarelor de 110/35/6 kV din stația G, fenomenul este explicabil, deoarece unicul transformator în funcțiune în această stație era încărcat la circa 60% din sarcina aparentă nominală pe 35 kV, dar alimenta simultan, pe 35 kV, și centrul de consum din H. În același timp, transformatoarele de 35/6 kV din centrala G erau încărcate numai la 10÷15% din sarcina aparentă nominală, iar generatorul, funcționînd în aceeași centrală, la 60÷66% din aceeași sarcină, alimenta direct pe 6 kV majoritatea consumului din G, la ora respectivă.

Deoarece curentul maxim pe fază, în transformatoarele citate, nu depășea 15% din curentul nominal, dezechilibrele mari produse nu au adus nici un inconvenient;

— *în centrala electrică* H, datorită distanței mari pînă la capătul liniei de 110 kV funcționînd disimetric (circa 24 km), precum și faptului că generatoarele în funcțiune în această centrală erau încărcate aproape de plină sarcină, valorile dezechilibrelor au fost de maximum 0,788%, în cazul circulației de putere de la F la D și de maximum 3,135%, în cazul circulației în sens invers (tabela 9,d).

c) *În concluzie*, experiența din cazul III a dat rezultate mulțumitoare, disimetriile de tensiuni neîntrecînd în nici un punct din sistem valoarea de 5% la consumatori, ceea ce a condus la o funcționare normală, în speciala motoarelor electrice. Totodată, s-a demonstrat că se poate funcționa cu o linie de 110 kV lucrînd în două faze, încadrată într-un sistem trifazat și transportînd 9MVA, la circa 70 km. În cazul unor funcționări viitoare, cu aceeași schemă, va trebui însă să se pună în funcțiune toate generatoarele din centralele locale, la sarcini cît mai apropiate de cea nominală, în cazurile cînd sarcinile cerute de consumatori vor fi mai apropiate de cele maxime, decît cele realizate în cursul experienței.

III. APLICAȚII PRACTICE ALE FUNCȚIONĂRII ÎN DOUĂ FAZE, ÎN CADRUL SISTEMULUI ENERGETIC NAȚIONAL

Rezultatele experiențelor efectuate și descrise în cele ce preced au scos în evidență posibilitatea folosirii și extinderii funcționării în două faze a porțiunilor de rețea de 110 kV din sistemul energetic național. Acest mod de funcționare a fost adoptat în practică pînă în prezent, în sistemul energetic național, datorită a două feluri de cauze:

1. În scop preventiv, pentru a se împiedica eventuala rupere a conductorilor activi ai liniilor citate, din cauza depunerilor masive de chiciură, aplicînd metoda de deschiciurare monofazată (pe fiecare fază în parte). Această metodă s-a folosit în cazul schemei arătate

în fig. 1, dar în condiții mult mai grele, din punct de vedere al încărcării, care a fost de (12+j 18) MVA, pe linia radială considerată.

Operația s-a executat succesiv pe cele trei faze ale liniei, ceea ce a condus la o funcționare

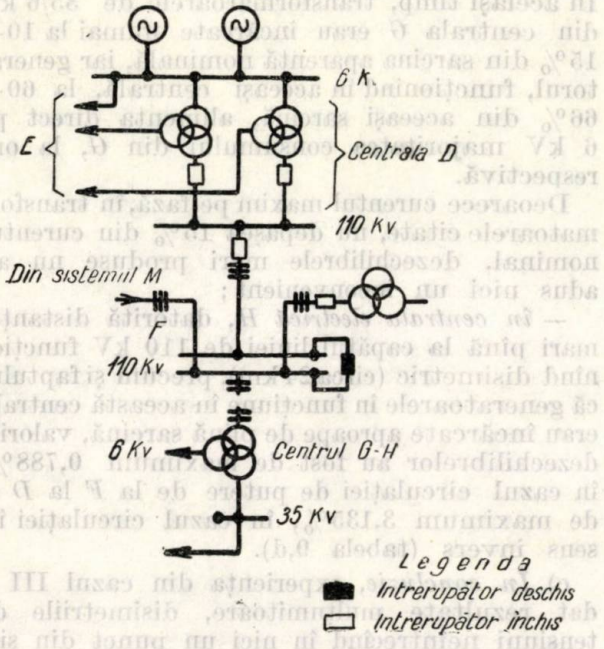


Fig. 9.

în două faze, într-un timp total de 4 ore. În tot timpul operației de deschiciurare, cît și în timpul manevrelor de trecere de pe o fază pe alta, consumatorii au fost alimentați și producția celor industriali n-a suferit. Totodată, nu s-au semnalat dezechilibre de curent și disimetrii de tensiune periculoase, la bornele aparatelor receptoare și nici în generatoarele centralei celei mai apropiate; în fine, temperaturile la generatoarele și motoarele electrice astfel alimentate au fost dedesubtul celor maxime admisibile.

2) În sistemul local reprezentat în fig. 4, s-a folosit funcționarea în două faze, cu ocazia apariției unui defect persistent pe una din fazele liniei de 110-kV *F-G*, în timpul unor manevre efectuate pentru deschiciurarea liniei de 110 kV *DF*. Totodată, defecțiunea a apărut noaptea și lucrările de remediere nu s-ar fi putut executa pînă la vîrful de sarcină de dimineață al consumatorilor; de aceea, s-a trecut la alimentarea în două faze pe 110 kV a centrului de consum format de orașele *G* și *H*.

În această funcționare s-au distins următoarele faze:

a) Timp de 6 ore s-a funcționat cu schema din fig. 9, cu legătura între centrala puternică *D* și stația de 110 kV *F* desfăcută la intrarea în această stație, astfel cum era în momentul producerii avariei, din cauza manevrelor citate mai sus.

Totodată, în acel moment se vehicula între *F* și *G* o putere de (8 + j4) MVA.

La vîrful de dimineață puterea vehiculată a crescut la (12+ j8) MVA; iar pentru a-i face față s-au pus în paralel centralele electrice locale din *G* și *H*. S-a constatat însă, în această situație, că dezechilibrul de curent în generatoarele din *G*, calculat după normele din „Prescripțiile de exploatare tehnică ale centralelor și rețelelor electrice" (PET), a atins o valoare de peste 20%, față de cea de 10% admisă în PET.

b) În continuare, timp de încă 14 ore s-a funcționat avînd legătura restabilită cu centrala *D* și cu sistemul local din *G* și *H* desfăcut, iar în rest, conform schemei din figura 6, cu linia *F—G* în două faze. Anume, o parte a consumului din centrele *G—H* s-a preluat din sistem, prin stația 110 (35) 6 kV din *G*, în paralel cu centrala electrică locală din *H*, iar cealaltă parte a consumului a rămas alimentată din centrala electrică locală din *G*.

În definitiv, alimentarea centrelor *G—H* prin linia *F—G* funcționînd în două faze a durat în acest caz neîntrerupt 20 de ore, timp în care nu s-au constatat la generatoarele electrice cele mai apropiate (din centrala *H*) și nici la cele din sistemul local *G*, după desfacerea lui, dezechilibre de curent sau disimetrii de tensiuni apreciabile, și nici variații inadmisibile de temperatură, la ieșirea aerului de răcire din generatoare.

Motoarele electrice ale consumatorilor, alimentate din sistemul 110 kV, funcționînd în două faze, au început să se încălzească, după o funcționare mai îndelungată și au funcționat în continuare la o temperatură ridicată. În timpul funcționării citate, s-au produs și declanșări prin protecții ale liniei *F—G*. Or, după repunerile liniei sub tensiune, necesitate de acestea, motoarele electrice trebuiau să fie pornite din nou, fapt care a condus la solicitări suplimentare ale motoarelor și ale utilajelor lor de pornire.

Din informațiile primite de la consumatori, operațiile de repornire au decurs în condiții satisfăcătoare și nu s-au semnalat decît două cazuri în care n-au avut succes.

Funcționarea menționată în cazul 2 de mai sus, chiar cu greutățile întîmpinate (dezechilibre mari de curent în generatoarele locale, declanșarea liniei prin protecție), a permis alimentarea în continuare cu energie electrică a consumatorilor din două orașe mari industriale, precum și pregătirea lucrărilor de remediere a fazei defecte, astfel încît acestea au fost executate în golul de sarcină din noaptea

următoare, într-un interval de timp mai scurt și cu repercusiuni mai mici asupra consumatorilor.

IV. CONCLUZII GENERALE TRASE PE BAZA EXPERIENȚELOR ȘI A APLICAȚIILOR PRACTICE, EFECTUATE ÎN CADRUL SISTEMULUI ENERGETIC NAȚIONAL

1) Datorită necesității de a se măsura în diferite puncte, simultan pe trei faze, valori diferite ale tensiunilor și curenților, cu instrumente de măsură de diferite clase de precizie (majoritatea de tablou) și cu personal de diferite calificări, nu se poate conta pe o urmărire exactă a fenomenelor ,în cazul funcționării în două faze a liniilor de 110 kV. Experiențele efectuate au permis totuși să se verifice, în linii generale, rezultatele calculelor prealabile.

2) În cazul funcționării în două faze a liniilor radiale de 110 kV, cu alimentarea dintr-o singură sursă, s-au putut transporta, în cazul experiențelor, sarcini de 5÷6 MVA pe distanțe de ordinul 70÷78 km, cu disimetrii de tensiune de ordinul 6% la consumatori, — iar în cazul realizării în exploatare curentă, pînă la 14 MVA, fără perturbări la consumatori.

Totodată, în cazul alimentării simultane a consumatorilor, din două surse, s-au vehiculat circa 8÷9 MVA, pe aceleași distanțe, în cazul experienței și circa 15 MVA în caz real, în primul caz cu disimetrii de tensiuni mai mici ca 5%, iar în al doilea, fără inconveniente în producția consumatorilor industriali.

3) Rămîne ca în viitorul apropiat să se cerceteze, prin experiențe, o situație care va apărea în mod frecvent în sistemul interconectat de 110 kV, și anume cea a consumatorilor alimentați prin derivații relativ scurte, din linii importante de 110 kV, alimentate la rîndul lor la ambele capete din surse de energie importante.

În astfel de cazuri, în ecuația (2), curentul de secvență inversă devine relativ mic, datorită valorii reduse a impedanței Z_h (surse importante în paralel și lungime redusă a derivației funcționînd în două faze), putîndu-se astfel transporta, în caz de defect, sarcini mai mari, cu disimetrii reduse.

4) În încheiere, trebuie subliniată recomandarea de a nu se abuza de funcționările în două faze, utilizîndu-se numai în cazurile de strictă necesitate, și nici să nu se prelungească în mod inutil durata lor, întrucît dau totuși încălziri locale mai mari în motoarele electrice alimentate, care cu timpul pot conduce la scurtarea duratei de serviciu a acestora.

Bibliografie

[1] Rădulescu V.: *Funcționarea în două faze a liniilor de transport de energie electrică, cu neutrul legat direct la pămînt* („Energetica" nr. 6, 1960).

[2] *Ministerul Centralelor Electrice U.R.S.S.*: *Materiale privind comanda pe fază, reanclanșarea automată pe fază și repararea pe fază a liniilor de transport de înaltă tensiune* (traducere din limba rusă) OPED-MEEIE, 1951.

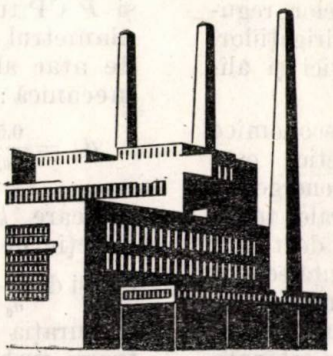
[3] Raport nr. 133 la sesiunea Conferinței marilor rețele (CIGRE): Ing. Bendes T. și Vajta M. (R.P.U.): *Rezultatele reanclanșării automate monofazate pe rețeaua buclată din R.P.U. la 120 kV* (pag. 14 din raport, descrierea funcționărilor în două faze).

[4] Siromiatnikov I.A.: *Regimurile de funcționare ale motoarelor electrice asincrone* (traducere din limba rusă), Editura Tehnică, 1952.

[5] Tuschak R.: *Capacitatea de încărcare a motoarelor electrice asincrone, alimentate prin tensiuni trifazate asimetrice.* Revista „Elektrotehnika" R.P.U. (în limba maghiară), nr. 1/1953.

[6] Stier F.: *Die elektrische Maschine im unsymmetrischen Netz* (Mașina electrică în rețele nesimetrice) „Elektrotechnische Zeitschrift A, Nr. 19/1953, pag 564.

[7] Clarke Edith: *Analysis of the A. C. Systems*, New-York, 1954.



Economicitatea sporirii căderilor hidroenergetice

Prof. *DORIN PAVEL*

1. Formularea problemei

Dezvoltarea utilizării resurselor termo și hidroenergetice, în folosul electrificării, nu a urmat aceleași căi în diferitele țări. Felul producerii energiei electrice, bazată preponderent pe resurse termoenergetice, respectiv hidroenergetice, sau pe utilizarea complexă, depinde de numeroși factori, printre care mai importanți sînt :

— proporția între resursele termice și potențialul hidroenergetic ;

— gradul electrificării la care a ajuns o țară într-o anumită perioadă ;

— condițiile dezvoltării tuturor ramurilor industriale și agricole ;

— economicitatea fiecărei resurse în parte, termo și hidroenergetice ;

— condițiile exploatării centralelor și rețelelor electrice.

În genere, primele faze ale electrificării sînt caracterizate prin dezvoltarea preponderentă a centralelor termoelectrice și în mai mică măsură a hidrocentralelor, mai ales a celor pe firul apei sau cu acumulare modestă, săptămînal-sezonieră. Crescînd consumul de energie electrică în fazele electrificării mai înaintate, se amenajează — acolo unde condițiile hidroenergetice sînt favorabile — hidrocentrale tot mai numeroase, de vîrf gravitaționale, sau combinate cu transformatoare hidroenergetice (acumularea energiei prin pompare).

Comparația economică a centralelor termoelectrice CTE, respectiv cu termoficare CET, cu cele hidroelectrice CHE, arată în genere că :

— CHE necesită investiții specifice $i_h = J_h/P_i$ lei/kW-instalat mai mari decît i_t al CTE, cum și durate de execuție ceva mai lungi ;

— prețul de cost al energiei hidroelectrice p_h este aproape totdeauna mai scăzut decît p_t termoelectric.

La comparația economică în favoarea CHE intervine utilizarea complexă a debitelor, regularizate prin lacurile CHE, în folosul irigațiilor, asanărilor hidroameliorative, navigației și alimentărilor cu apă.

Pentru a se crea condiții tehnico-economice favorabile amenajărilor hidroenergetice este necesar a se proiecta schemele hidroenergetice cele mai bune, în condițiile naturale topografice, hidrologice și geologice date de teren. În acest studiu se evidențiază importanța economică a concepției schemei hidrocentralei în sensul concentrării unei căderi cît mai mari, prin trepte de cădere reduse ca număr și echipate cu puține grupuri. În acest scop se amplifică metoda analitică dezvoltată în studiile bibl. [1, 2, 3].

2. Hidrocentrale cu căderi foarte mari prelucrate de turbine Pelton

Turbinele Pelton de puteri mici utilizează căderi de ordinul 200—500 m, cele de puteri mari au $H < 2\,000$ m. La amenajarea sectoarelor de rîu din regiuni muntoase, proiectarea a dovedit că schemele cu căderi mari, concentrate în trepte cît mai puține, conduc la i lei/kW și p lei/kWh mai reduși decît în cazul fărîmițării în mai multe trepte de cădere.

La creșterea economicității hidrocentralelor cu căderi mari contribuie atît construcțiile hidrotehnice cît, mai ales, echipamentele electromecanice, și anume :

— cu cît un lac acumulator este urmat de canalizațiile unei trepte, extinse pe un sector cu cădere mai mare, cu atît costul acumulării specifice scade față de soluțiile cu trepte mai multe, care pretind mai multe captări și clădiri de centrale ;

— derivațiile aducțiunii principale și de fugă, în regiuni cu roci favorabile și pe rîuri cu debite abundente, sînt mai economice sub forma galeriilor, cu traseu total cît mai scurt și cu puține ferestre de atac ;

— concentrarea debitelor afluenților și rîurilor limitrofe spre rîul principal, amenajat, este în majoritatea cazurilor economică, rezultînd pentru aceste derivații secundare i lei/kW mai redus decît acela al treptei principale ;

— unele derivații secundare, care nu pot fi introduse în lacurile schemei pe cale gravitațională, devin mai economice să fie derivate prin pompare, cu transformator hidroenergetic cu circuit deschis (v. Energetica 11/1959) ;

— investițiile în grupuri și echipamente anexe scad cu atît mai mult cu cît crește căderea H, ceea ce se dovedește pe cale analitică prin acest studiu.

În cazul schemelor cu căderi foarte mari, intervin turbine Pelton, cu M-injectoare, Q m³/s și P CP/turbină. Gabaritele turbinei depind de diametrul vînei injectorului d_0 și de diametrul de atac al rotorului D_0, cunoscute din hidromecanică :

$$d_0 = \frac{0{,}542}{H^{0{,}25}}\left(\frac{Q}{M}\right)^{0{,}5} \quad ; \qquad D_0 = 84{,}6\ k_u\ \frac{H^{0{,}5}}{n}$$

în care $k_u = 0{,}496 - 0{,}432$ este cunoscut în funcție de rapiditatea per injector $n_{si} = 1$ la 30 și de $\frac{D_0}{d_0} = 539\ \frac{k_u}{n_{si}}$.

Turația reală n depinde de rapiditatea întregii turbine n_s, anume :

$$n = n_s\ \frac{H^{1{,}25}}{P^{0{,}5}} \sim 20\ M^{0{,}5}\ \frac{H^{1{,}25}}{P^{0{,}5}} \text{ cu } n_s = M^{0{,}5} n_{si} \sim 20\ M^{0{,}5}$$

Din analiza greutății turbinei în funcție de d_0 și D_0, considerînd $Q = \frac{P}{11{,}8\,H}$, la un randament mediu de 0,885 și P în CP, la arborele turbinei a rezultat

$$G = 5\,300\left(22\frac{H^{0,5}}{n}+\frac{P^{0,5}}{H^{0,75}}\right)^{2,5},\ \text{kg}$$

Față de prețul unitar mediu p_h pe kg mașină hidraulică, organele care necesită oțeluri superioare și prelucrare mai mare (cupe, capul injectorului și arbore) reprezintă $G_1 = \left(0{,}24 + 0{,}00475\frac{P^{1,5}}{H^{2,25}}\right) G$, cu $p_1 = 1{,}3\ p_h$. Restul organelor turbinei $G_2 = G - G_1$ au prețul unitar mai redus $p_2 = 0{,}8\ p_h$, iar echipamentele (regulator, vană, gospodării hidromecanice) reprezintă

$$G_a = \left(0{,}38 - 0{,}00425\frac{P^{1,25}}{H^{2,25}}\right) G,\ \text{cu}\ p_a = 1{,}1\ p_h .$$

Astfel, turbina plus echipamentele anexe au greutatea totală

$$G_P = G_1 + G_2 + G_a = \left(1{,}38 - 0{,}00425\frac{P^{1,5}}{H^{2,25}}\right) G,\ \text{kg}.$$

Investiția corespunzătoare turbinei și anexelor $G_1 p_1 + G_2 p_2 + G_a\ p_a = \varnothing_P\ p_h G$ se exprimă cu ajutorul funcției prețurilor $\varnothing_P$, rezultată din relațiile precedente, și anume:

$$J_P = 5\,300\ p_h \varnothing_P \left(22\frac{H^{0,5}}{n}+\frac{P^{0,5}}{H^{0,75}}\right)^{2,5}$$

$$\Phi_P = 1{,}338 - 0{,}0023\frac{P^{1,5}}{H^{2,25}}$$

Greutatea generatorului G_g, kg, de putere $N(\text{kVA}) = \frac{P}{1{,}36\cos\varphi}$, la $\cos\varphi = 0{,}8$ mediu, este dată de ecuația:

$$G_g = 6\,450\left(\frac{N}{n}\right)^{0,75} = 6\,050\left(\frac{P}{n}\right)^{0,75};\quad J_g = p_e G_g .$$

S-a introdus în locul lui N puterea P în CP la arborele turbinei, pentru a avea o exprimare unitară pentru putere, așa cum se folosește în toate formulele hidromecanicii. Pentru grupul compus din turbină, generator și echipamente anexe s-a obținut în acest fel investiția:

$$J = 5\,300 p_h \Phi_P \left(22\frac{H^{0,5}}{n}+\frac{P^{0,5}}{H^{0,75}}\right)^{2,25} + 6\,050\,p_e\left(\frac{P}{n}\right)^{0,75}$$

Înlocuind funcția $\varnothing_P$ dată precedent și turația $n = 20\ M^{0,5}\frac{H^{1,25}}{P^{0,5}}$ dedusă anterior, se exprimă J în funcție de căderea H, ceilalți parametri fiind cunoscuți. La fel se obține și investiția specifică $i = \frac{1{,}36\,J}{\eta_g\,P}$ cu prețurile unitare $p_h = 30$ și $p_e = 35$, iar randamentul generatorului $\eta_g = 0{,}97$

$$J = \left(7\,091\ p_h\frac{P^{1,25}}{H^{1,875}} - 12{,}2\ p_h\frac{P^{2,75}}{H^{4,125}}\right)\left(\frac{1{,}1}{M^{0,5}}+1\right)^{2,5} + 640\ p_e\frac{P^{1,125}}{M^{0,375}H^{0,938}}$$

$$i = \left(297\,800\frac{P^{0,25}}{H^{1,875}} - 512\frac{P^{1,75}}{H^{4,125}}\right)\left(\frac{1{,}1}{M^{0,5}}+1\right)^{2,5} + 31300\frac{P^{0,125}}{M^{0,375}H^{0,938}} .$$

J și i precedente, ca și cele din aliniatele următoare pot fi calculate în orice alte valute, dacă se dau valorile corespunzătoare pentru p_h și p_e. În calculele numerice, rezumate în tabelele 1—2 și în diagrama anexă, s-au considerat P și M ca fiind parametric constante: $P = 10\,000$, 50 000, 100 000, 150 000, 200 000 CP/turbină, respectiv $M = 1$, 2, 3, 4 injectoare.

Tabela 1

$\frac{J}{N} = i$ pe kW în grup cu Pelton, generator și echipamente anexe

H	$P = 10\,000$			$P = 50\,000$ CP/turb			
	$N = 0{,}736\,P/\eta_g = 7\,140$			$N = 35\,700$ kW/gen			
	$M = 1$	2	3	$M = 1$	2	3	4
300			542				
400			372				418
500		334	281				316
600		266,5	225,2			291,8	253
700		220,8				240,6	210
800		189,5			237	206	
900	223,5	166			207,5	180	
1 000	196,5				183		
1 200	160				149		
1 400	135,3				126,3		
1 600	117			147,6	109		
1 800	102			128,8	95,4		
2 000	91			114,6			

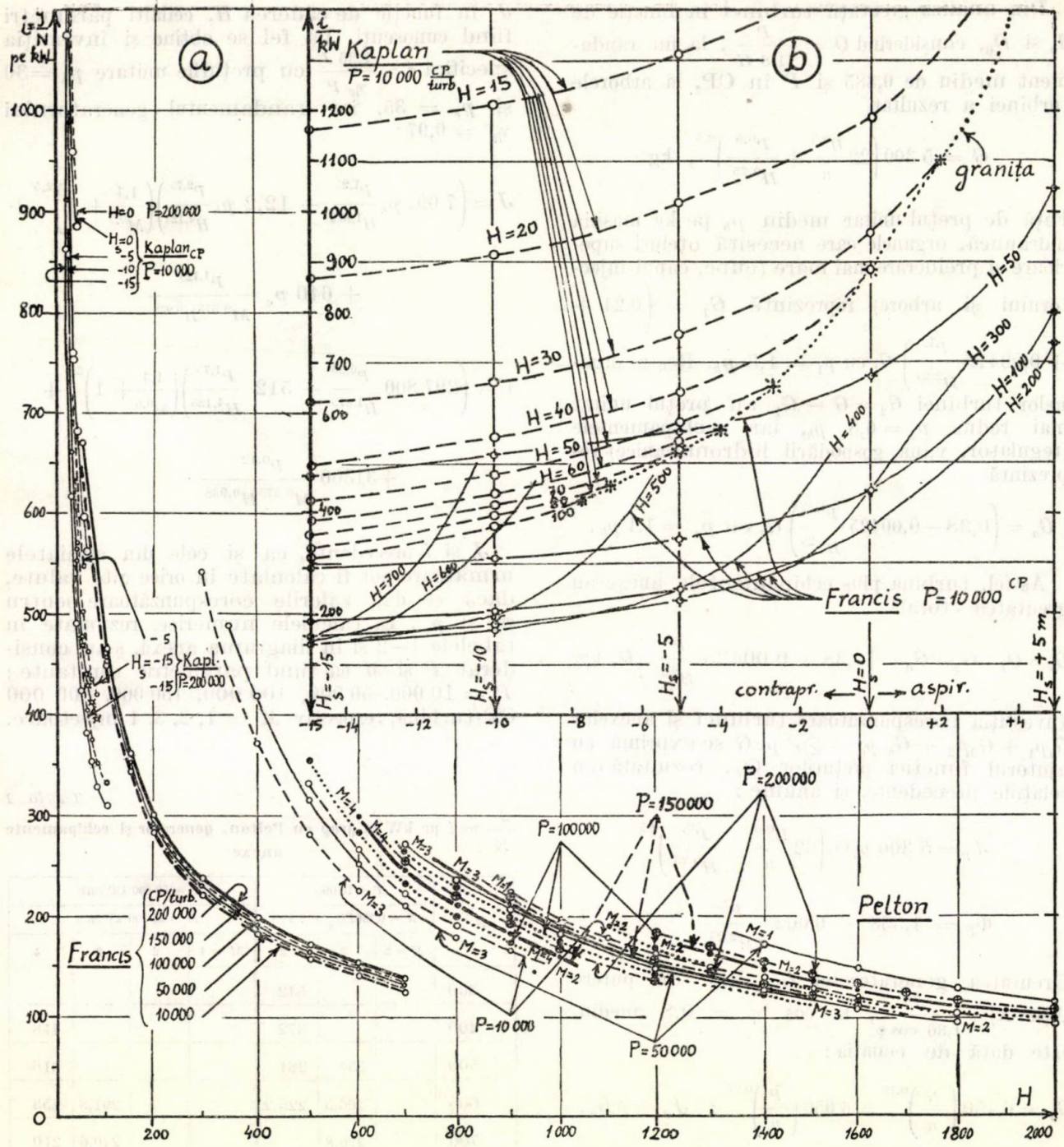


Fig. 1.

a) Investiția specifică $i=f(H)$ la diferite tipuri de turbine; *b*) $i=F(H_s)$ la diferite căderi H ale turbinelor Francis și Kaplan.

Rezultă că i depinde numai de variabila independentă H, anume $i = aH^{-1,875} - bH^{-4,125} + cH^{-0,938}$, în care a, b, c au valori concrete pentru fiecare P și M în parte. Este evident faptul că i scade marcant o dată cu creșterea căderii H. La fel rezultă zonele valabile pentru diferite puteri P și numere de injectoare M, cum ilustrează curbele desenate în partea dreaptă de jos a diagramei (fig. 1—a).

La $P = 10\,000$ CP/turbină de exemplu și la $H = 300$, 1 000, 2 000 m, rezultă $i = 542$, 196, respectiv 91 lei /kW. Același fenomen se repetă și la alte puteri mai mari, de ex. la 100 000 CP/turbină, cu $H = 500$, 1 000, 2 000 m va fi $i = 357$, 175 și 94 lei/kW instalat.

În consecință, în zona căderilor mari și foarte mari, prelucrate de turbine Pelton, este dovedit pe cale analitică cum scade investiția atunci cînd

crește căderea, adică atunci cînd nu se fărîmițează căderea în multe trepte de hidrocentrale mici.

$F = \lg \frac{45{,}45}{H}(H_b - H_s) = \frac{n_s}{329}$, lg fiind logaritmul zecimal. Diametrul de intrare în rotor D,

Tabela 2

Continuarea tabelei 1, cu *i* la grupul cu Pelton, generator și echipamente

H	$P = 100\,000$			$P = 150\,000$			$P = 200\,000$ CP		
	$N = 71\,400$			$N = 107\,100$			$N = 142\,800$ kW		
	$M = 2$	3	4	2	3	4	2	3	4
500			357						
600			284						
700			232,5			247,2			
800		228,6	199,6			212			221
900		201	174,6		213	185,6			193,5
1 000		175,3			187	163,5		195	170,5
1 200	164,5	142,6			151,7		182,5	158,2	139
1 400	139,5	120,7		148	128,3		154,3	133,9	
1 600	120,5			127,3	110,7		133		
1 800	105,2			111,5			116,1		
2 000	93,8			99,1			103,5		

3. Hidrocentrale cu căderi mijlocii și mari echipate cu turbine Francis

Turbinele Francis prelucrează căderi pe o gamă largă, pînă la 600 m, fiind în prezent în funcțiune o serie de turbine cu $H = 450$ la 522 m. Cu cît crește P și contrapresiunea H_s, cu atît va crește și limita superioară a căderii.

Urmărind aceeași problemă și în cazul centralelor echipate cu turbine Francis, se deduc formule pentru investiția J în funcție de variabila independentă H, P și H_s fiind mărimi parametric constante. Între căderea H și H_s există relații stabilite [1, 2, 3], folosite în ecuațiile ce urmează. Se numește *„contrapresiune"* $H_s < 0$ atunci cînd rotorul este scufundat sub nivelul biefului aval și viceversa, la $H_s > 0$ avem *„aspirație"*, rotorul fiind așezat deasupra nivelului aval.

Pentru a se deduce expresiile investiției în cazul turbinei Francis, se introduc relații cunoscute în hidromecanică. Coeficientul împotriva cavitației σ conduce la funcția F, care conține rapiditatea turbinei n_s. Înălțimea barometrică se calculează după $H_b = 10{,}33 - \frac{A}{900} - \frac{p_v}{\gamma}$ așa că se obțin relațiile:

$$\sigma = \frac{H_b - H_s}{H} = 0{,}022\, e^{0{,}007\, n_s}$$

$$n_s \leqslant 329 \lg \frac{45{,}45}{H}(H_b - H_s) = n \frac{P^{0,5}}{H^{1,25}}$$

ca și greutatea turbinei Francis G, rezultă cu constanta mașinii $a \sim 40/n_s^{0,67}$ și $P = 13{,}33\, QH\eta = 11{,}8\, QH$ (CP):

$$D = a \frac{Q^{0,5}}{H^{0,25}} = \frac{40\, Q^{0,5}}{H^{0,25} n_s^{0,67}} = \frac{0{,}24\, P^{0,5}}{H^{0,75} F^{0,67}}$$

$$G = 40\,000\, D^{1,75} = \frac{3300 H^{0,875}}{H^{1,312} F^{1,173}}.$$

Analog ca în cazul precedent, se descompune greutatea în componentele $G_1\, G_2\, G_a$, fiecare cu prețurile unitare $p_1\, p_2\, p_a$ date mai jos, în legătură cu p_h mediu al mașinii hidraulice, așa că se obțin:

$$G_1 = \left(0{,}08 + \frac{0{,}0096\, P^{0,5}}{H^{0,75} F^{0,67}}\right) G, \qquad \text{cu } p_1 = 1{,}2\, p_h$$

$$G_2 = G - G_1 = \left(0{,}92 - \frac{0{,}0096\, P^{0,5}}{H^{0,75} F^{0,67}}\right) G, \quad p_2 = 0{,}8\, p_h$$

$$G_a = \left(0{,}7 - \frac{0{,}1078\, P^{0,25}}{H^{0,375} P^{0,335}}\right) G, \quad \text{cu } p_a = p_h.$$

Greutatea totală a turbinei și a echipamentelor anexe $G_F = G_1 + G_2 + G_a$ rezultă de:

$$G_F = 1{,}7\, G - 0{,}1078 \frac{G\, P^{0,25}}{H^{0,375} F^{0,335}} \text{ (kg)}.$$

Investiția corespunzătoare $J_F = G_1\, p_1 + G_2\, p_2 + G_a\, p_a$ se exprimă concentrînd în $\mathcal{O}_F$

funcția prețurilor parțiale ale componentelor greutății :

$$J_F = 3\,300\, p_h\, \Phi_F \frac{P^{0,875}}{H^{1,312} F^{1,173}}$$

$$\Phi_F = 1{,}532 + \frac{0{,}00384\ P^{0,5}}{H^{0,75} F^{0,67}} - \frac{0{,}1078\ P^{0,25}}{H^{0,375} F^{0,335}} .$$

Greutatea și investiția în generator sînt aceleași ca în cazul precedent, așa că pentru întregul grup se scrie investiția :

$$J = 3\,300\, p_h\, \Phi_F \frac{P^{0,875}}{H^{1,312} F^{1,173}} + 6\,050\, p_e \left(\frac{P}{n}\right)^{0,75} .$$

Se mai înlocuiește turația n prin n_s, respectiv prin funcția F, și se adoptă pentru prețurile unitare $p_h = 30$ și $p_e = 35$, rezultînd J în funcție de H P F, fără a fi nevoie de antedimensionarea grupului. La fel se obține și investiția specifică, transformată în lei/kW, cu $i = 1{,}4\, J/P$:

$$J = 3300\, p_h \left(\frac{1{,}532\ P^{0,875}}{H^{1,312} F^{1,173}} + \frac{0{,}00384\ P^{1,375}}{H^{2,062} F^{1,843}} - \right.$$

$$\left. - \frac{0{,}1078\ P^{1,125}}{H^{1,687} F^{1,508}} \right) + 78{,}3\, p_e \frac{P^{1,125}}{H^{0,938} F^{0,75}}$$

$$i = 1{,}4 \frac{J}{P} = \frac{212400}{P^{0,125} H^{1,312} F^{1,173}} + \frac{532\ P^{0,375}}{H^{2,062} F^{1,843}} -$$

$$- \frac{1494\ P^{0,125}}{H^{1,687} F^{1,508}} + \frac{3840\ P^{0,125}}{H^{0,938} F^{0,75}} \left(\frac{\text{lei}}{\text{kW}}\right) .$$

Pentru fiecare P și H_s constante parametric se obțin în ecuația i constantele a, b, c, d, fiind deci $i = aH^{-1,312} + bH^{-2,062} - cH^{-1,687} + dH^{-0,938}$ funcție numai de căderea H. Pentru a se evidenția numeric faptul că la creșterea căderii va scade J și i, s-a calculat tabela 3. Pentru legătura între H_s și H s-a folosit relația $H_s = 0{,}03(100 - H)$ la căderi peste 100 m, respectiv $H_s = 0$ pentru H sub 100 m. Funcția $F = 45{,}45 \left(\frac{7}{H} + 0{,}03\right)$ depinzînd numai de H, va da valorile lui i, care scad mult o dată cu creșterea căderii. Se vede, de ex. la $P = 10\,000$ CP/turbină, la $H = 50$, 200, 400, 600 m, că $i = 672$, 285, 184, respectiv 141 lei/kW. La fel se obține la alte puteri calculate în tabela 3 pînă la 200 000 CP/turbină, că i scade foarte mult atunci cînd crește căderea.

Influența puterii unitare P asupra investiției specifice i este neglijabilă, anume i variază numai cu cîteva procente, așa cum se vede din tabela 3. Dacă se consideră însă și costul specific al clădirii centralei i_c, atunci $i + i_c$ scade simțitor o dată cu creșterea lui P, așa cum se arată în aliniatul 6.

Tabela 3

i pe kW instalat în grup Francis generator și echipamente

H	H_s	PCP/turb	10 000	50 000	100 000	150 000	200 000
		NkW/gen	7 140	35 700	71 400	107 100	142 800
50	0	$i = \frac{J}{N}$ pe kW instalat în grup	672	658	660	665	669
100	0		447	443	447	451	455
200	− 3		285	286,5	291	294, 4	298
300	− 6		221,5	214	228	231	234
400	− 9		184	187,5	191,4	194,5	197
500	−12		158,4	162	165,5	168,1	170,5
600	−15		141	144,5	148	150,5	152,5
700	−18		124,7	128,3	131,5	134	136

4. Hidrocentrale echipate cu turbine Kaplan

Turbinele Kaplan erau limitate cu cîțiva ani în urmă la căderi sub 35 m, în prezent limita s-a deplasat în sus la $H < 80$. În viitor, crescînd puterile unitare la mai multe sute de mii CP/turbină și corespunzător la contrapresiuni H_s crescătoare, limita se va deplasa spre 100 m. Construindu-se în viitor turbine Kaplan bietajate, cu rotor și contrarotor, H va crește spre 150 m.

Metoda de calcul se dezvoltă în mod analog cu aceea din aliniatul 3 precedent. Rapiditatea n_s a turbinelor Kaplan este impusă de H_s, anume :

— la aspirație $H_s > 0$, cu rotorul așezat deasupra nivelului aval, rezultă un n_s mai mic ;

— la contrapresiune $H_s < 0$, cu rotorul scufundat sub nivelul aval, crește n_s, relația fiind dată în hidromecanică de :

$$n_s = \frac{30\,000}{24 + H \dfrac{11{,}5}{10 - H_s}} - 100 = n \frac{P^{0,5}}{H^{1,25}}$$

Ținînd seama de relațiile hidromecanice dezvoltate în bibl. 1—3 :

$$Q \sim \frac{P}{11{,}8\, H} ; \quad D = \left(0{,}37 + \frac{270}{n_s}\right) \frac{Q^{0,5}}{H^{0,25}} = A \frac{P^{0,5}}{H^{0,75}}$$

$$A = 0{,}1077 + \frac{0{,}786}{\dfrac{300}{24 + H \dfrac{11{,}5}{10 - H_s}} - 1} = 0{,}1077 + \frac{78{,}6}{n_s}$$

se obține greutatea turbinei propriu-zise G, cum și a componentelor ei G_1 G_2 și a echipamentelor anexe G_a :

$$G = 25\,000\ A^{1,75} \frac{P^{0,875}}{H^{1,312}} \text{ (kg)}$$

$G_1 = (0{,}09 + 0{,}12\sqrt{D})G$; $G_2 = (0{,}91 - 0{,}12\sqrt{D})G$

$$G_a = (0{,}41 - 0{,}1\sqrt{D})G.$$

Greutatea turbinei plus a echipamentelor anexe este deci în cazul Kaplan:

$$G_K = \left(1{,}41 - 0{,}1\ A^{0,5}\frac{P^{0,25}}{H^{0,875}}\right)G.$$

Investiția se calculează separat, pe componente $G_1 p_1 + G_2 p_2 + G_a p_a$, fiind la Kaplan $p_1 = 1{,}2\ p_h$; $p_2 = 0{,}8\ p_h$; $p_a = p_h$ cu p_h prețul unitar mediu al mașinii hidraulice. După efectuarea sumei produselor greutăților și a prețurilor unitare, acestea se concentrează în funcția notată cu $\varnothing_K$, fiind astfel:

$$J_K = 25\,000\ p_h\ \Phi_K\ A^{1,75}\ \frac{P^{0,875}}{H^{1,312}}$$

$$\Phi_K = 1{,}246 - 0{,}052\ A^{0,5}\ \frac{P^{0,25}}{H^{0,375}}.$$

Pentru greutățea generatorului G_g și investiției $J_g = p_e G_g$ rămîn valabile formulele anterioare, numai că se introduce turația n după aceea a turbinei Kaplan, deci:

$$J = 25\,000\ p_h\ \Phi_K A^{1,75}\frac{P^{0,875}}{H^{1,312}} + 6\,050 p_e\left(\frac{P}{n}\right)^{0,75}.$$

Din funcția cavitației A, dată precedent și $n_s = \frac{78{,}6}{A - 0{,}1077}$ rezultă:

$$n = n_s\frac{H^{1,25}}{P^{0,5}} = \frac{78{,}6\ H^{1,25}}{(A - 0{,}1077)\ P^{0,5}};\quad p_h = 30;$$

$$p_e = 35;$$

$$J = 934\,500\ A^{1,75}\frac{P^{0,875}}{H^{1,312}} +$$

$$+\left[8\,015\ \frac{(A - 0{,}1077)^{0,75}}{H^{0,938}} - 39\,000\ \frac{A^{2,25}}{H^{1,687}}\right]P^{1,125}.$$

Investiția specifică se transformă în lei/kW, $i = 1{,}4\ J/P$, ținînd seama și de randamentul generatorului:

$$i = \frac{1308000\ A^{1,75}}{P^{0,125}H^{1,312}} +$$

$$+\left[11\,220\ \frac{(A - 0{,}1077)^{0,75}}{H^{0,938}} - 54\,600\ \frac{A^{2,25}}{H^{1,685}}\right]P^{0,125}.$$

Fiind date practic H, P și H_s fiind cunoscut în corelație cu H, pot fi calculate cu formulele precedente investițiile, fără a fi necesară antedimensionarea turbinei, generatorului și echipamentelor anexe. Și în acest caz singura variabilă independentă este căderea H, stabilită de schema hidroenergetică; rămîn P și H_s ca mărimi constante pentru fiecare schemă. Ele pot fi luate parametric constante, pentru a se găsi J și i corespunzătoare fiecărei scheme.

Pentru a se evidenția simplicitatea aplicării numerice, se arată în tabela 4 și fig. 1-*a-b* combinată rezultatul calculelor.

Tabela 4

$i = \frac{J}{N}$ **pe kW instalat în grup cu Kaplan, generator și echipamente anexe**

H_s	H	n_s	P = 10 000	50 000	100 000	150 000	200 000 CP
			N = 7 140	35 700	71 400	107 100	142 800 kW
			i/kW	i	i	i	i
0	10	745	2 019	1 912	1 891	1 885	1 892
	20	538	1 187	1 154	1 152	1 156	1 160
	30	413	958	939	943	950	956
	40	318	890	873	876	882	887
−5	10	847	1 836	1 740	1 720	1 702	1 713
	20	663	1 013	988	990	987	998
	30	538	753	746	752	753	761
	40	449	641	638	646	648	656
	50	382	576	574	582	585	596
	60	329	543	543	550	554	561
−10	10	928	1 685	1 593	1 575	1 570	1 570
	20	745	912	892	893	898	904
	30	627	661	655	659	665	672
	40	539	553	554	560	567	571
	50	469	479	482	489	494	500
	60	413	441	445	454	458	463
	70	367	413	417	426	431	435
	80	328	396	400	407	414	419
−15	10	948	1 662	1 572	1 553	1 545	1 545
	20	804	862	842	844	848	853
	30	694	616	612	619	624	629
	40	608	491	494	501	507	512
	50	538	423	427	434	441	445
	60	482	381	387	394	399	403
	70	434	353	360	365	371	375
	80	394	329	336	343	347	352
	100	328	310	316	322	328	332

Pentru puteri s-au ales valorile 10 000, 50 000, 100 000, 150 000 și 200 000 CP/turbină, iar căderile au fost variate între 10 și 100 m, la diferite contrapresiuni H_s cuprinse între 0 și − 15 m. Din calculele tabelei 4 rezultă următoarele:

— i scade o dată cu creșterea căderii, de ex. la aceeași contrapresiune $H_s = -10$ m și $H = 10$, 40, 80, investiția specifică va fi $i = 1\,685$, 553 respectiv 396 lei/kW, toate fiind valabile la $P = 10\,000$ CP/turbină. La aceleași căderi H și H_s, însă cu puterea $P = 200\,000$ rezultă $i = 1\,570$, 571 și 419 lei/kW;

— la aceeași putere, de ex. 100 000 CP și căderea $H = 40$ m, i va scade o dată cu creșterea contrapresiunii, anume la $H_s = 0$, −5, − 10 și −15 m rezultă $i = 876$, 646, 560 și 501 lei/kW;

— la aceeași cădere H și contrapresiune H_s, i va scade sau crește după putere, însă în limite foarte restrînse, așa cum s-a arătat anterior la celelalte tipuri de turbine. Astfel la $H = 10$, $H_s = -5$ m și $P = 10\,000$, valoarea $i = 1\,836$ va scade la 1 713 (cu $-6{,}7$ %) pentru $P = 200\,000$ CP. La căderi mai mari se inversează fenomenul, așa cum se arată în tabela 4.

În consecință, și la centralele echipate cu turbine Kaplan este valabilă constatarea de la celelalte turbine, că investiția specifică scade foarte mult cu H — crescător și cu contrapresiunea sporită, însă nu variază sensibil cu puterea P.

5. Variația investiției specifice cu contrapresiune optimă

La centrale echipate cu turbine cu reacțiune (Francis, Kaplan), investiția specifică pentru un grup complet scade o dată cu contrapresiunea, respectiv crește cu aspirația. Din ecuația lui i pentru grupul Francis dedusă anterior se vede că, la aceeași putere P și cădere H, sporind contrapresiunile $H_s < 0$ negative, va crește funcția $F = \lg \frac{45{,}45}{H}(H_b - H_s)$.

În consecință, la P și H constante i va fi o funcție numai de F (implicit de H_s):

$$i = \frac{A}{F^{1,173}} + \frac{B}{F^{1,843}} - \frac{C}{F^{1,508}} + \frac{D}{F^{0,75}}.$$

Se vede că i scade mult atunci cînd crește F datorită contrapresiunii sporite, așa cum se evidențiază prin curbele desenate plin în diagrama (b), pentru $H = 50$ la 100 m și $P = 10\,000$ CP. Același fenomen se repetă și la alte puteri. La Kaplan funcția $A = 0{,}1077 + \frac{78{,}6}{n_s}$ scade atunci cînd crește contrapresiunea, deci va scade și $i = aA^{1,75} + b(A - 0{,}1077)^{0,75} - cA^{2,25}$. Dimpotrivă, la aspirație crește A ca și i, fenomen arătat în diagrama (b) prin curbele desenate cu liniuțe pentru cazul $P = 10\,000$ și $H = 50$ la 100 m. Se pune problema stabilirii contrapresiunii optime, ceea ce se efectuează în următoarele două cazuri:

H_s — **optim la grupul Francis.** Investițiile întregului grup, compus din turbină, generator și echipamente a fost calculat în aliniatul 3, cu formula J. Dacă J_{co} reprezintă investiția în clădirea centralei în cazul $H_s = 0$, iar J_c aceea la un H_s oarecare (pozitiv la aspirație și negativ la contrapresiune), atunci pe lîngă J intervine și $\Delta J_c = J_c - J_{co} = -100\, p_c D^2 H_s$. Acest supliment se scrie cu semnul negativ, pentru a ține seama de sensul fizic al problemei, anume: crescînd contrapresiunea, care are valoare negativă, va crește și ΔJ_c — pozitiv, deoarece fundațiile centralei coboară și, viceversa, la aspirație, va fi $J_c < J_{co}$ deci ΔJ_c — negativ scade.

Suma investițiilor $J + \Delta J_c = f(F)$ se calculează introducînd diametrul rotorului D și

$H_s = H_b - \frac{10^F H}{45{,}45}$, extras din

$$F = \lg \frac{45{,}45}{H}(H_b - H_s):$$

$$D = \frac{0{,}24\ P}{H^{0,75}\ F^{0,67}}$$

$$f(F) =$$

$$= \frac{a}{F^{1,173}} + \frac{b}{F^{1,843}} - \frac{c}{F^{1,508}} + \frac{d}{F^{0,75}} - \frac{e}{F^{1,34}} + \frac{f\,10^F}{F^{1,34}}$$

Constantele a—f, notate mai jos, provin din termenii ce compun pe J și ΔJ_c cum s-a arătat în aliniatul 3 și în formulele precedente. Anulînd derivata $\frac{\partial}{\partial F} f(F) = 0$, se obține funcția F — optim, care la rîndul ei dă H_s — optim.

$$\frac{1{,}173a}{F^{2,173}} + \frac{1{,}843\,b}{F^{2,843}} - \frac{1{,}508\,c}{F^{2,508}} + \frac{0{,}75\,d}{F^{1,75}} - \frac{1{,}34\,e}{F^{2,34}} -$$

$$- f\,10^F\left(\frac{2{,}303}{F^{1,34}} - \frac{1{,}34}{F^{2,34}}\right) = 0$$

$$a = 5056\ p_h \frac{P^{0,875}}{H^{1,312}}; \qquad b = 12{,}67\ p_h \frac{P^{1,375}}{H^{2,062}}$$

$$c = 355{,}7\ p_h \frac{P^{1,125}}{H^{1,687}}; \qquad d = 78{,}3\ p_e \frac{P^{1,125}}{H^{0,938}}$$

$$e = 5{,}76\, p_c H_b \frac{P}{H^{1,5}}; \qquad f = 0{,}1267\, p_c \frac{P}{H^{0,5}}$$

H_s — **optim la grupul Kaplan.** În mod analog s-a tratat problema contrapresiunii optime la grupuri echipate cu turbine Kaplan, la care A preia rolul funcției cavitației F de la cazul Francis. În ecuația J_K, dedusă în aliniatul 4, se introduce funcția prețurilor Φ_K dedusă în aliniatul 2, rezultînd J_g și $J = J_K + J_g$

$$J_g = 6050\ p_e \left(\frac{P}{n}\right)^{0,75} = 229 p_e (A - 0{,}1077)^{0,75} \frac{P^{1,125}}{H^{0,938}}$$

$$J = 31150\, p_h \frac{P^{0,875} A^{1,75}}{H^{1,312}} - 1300\, p_h \frac{P^{1,125} A^{2,25}}{H^{1,687}} +$$

$$+ 229\ p_e \frac{P^{1,125}}{H^{0,938}} (A - 0{,}1077)^{0,75}.$$

Investiția suplimentară în centrală se exprimă la fel ca în cazul precedent $\Delta J_c = J_c - J_{co} = -100\, p_c\, D^2 H_s$, însă D și H_s se înlocuiesc cu valorile valabile la Kaplan:

$$D = A\,\frac{P^{0,5}}{H^{0,75}}; \qquad H_s = H_b - H\,\frac{A + 0,6783}{24A - 4,22};$$

$$\Delta J_c = 100\, p_c\,\frac{P}{H^{0,5}}\,A^2\,\frac{A + 0,6783}{24A - 4,22} -$$

$$- 100\, p_c\, H_b\,\frac{P}{H^{1,5}}\,A^2$$

$$J + \Delta J_c = 31\,150\, p_h\,\frac{P^{0,875}}{H^{1,312}}\,A^{1,75} -$$

$$- 1300\, p_h\,\frac{P^{1,125}}{H^{1,687}}\,A^{2,25} + 229\, p_e\,\frac{P^{1,125}}{H^{0,938}}\,(A -$$

$$- 0,1077)^{0,75} + 100\, p_c\,\frac{P}{H^{0,5}}\,A^2\,\frac{A + 0,6782}{24A - 4,22} -$$

$$- 100\, p_c\, H_b\,\frac{PA^2}{H^{1,5}}.$$

Introducînd constantele $a-e$ notate mai jos, avem $f(A) = J + \Delta J_c$, la P și H constante, o funcție numai de A:

$$f(A) = aA^{1,75} - bA^{2,25} + c(A - 0,1077)^{0,75} +$$

$$+ dA^2\,\frac{A + 0,6783}{24A - 4,22} - eA^2.$$

Prin anularea derivatei acestei funcții se obține ecuația următoare, care determină pe A-optim, din care apoi reiese contrapresiunea tehnică-economic optimă.

$$\frac{\partial f(A)}{\partial A} = 1,75\, aA^{0,75} - 2,25\, bA^{1,25} +$$

$$+ \frac{0,75c}{(A - 0,1077)^{0,25}} + 2\, d\, A\,\frac{A + 0,6782}{24A - 4,22} -$$

$$- \frac{20,5\, d\, A^2}{(24A - 4,22)^2} - 2\, eA = 0$$

$$a = 31\,150\, p_h\,\frac{P^{0,875}}{H^{1,312}}; \qquad b = 1300\, p_h\,\frac{P^{1,125}}{H^{1,687}};$$

$$c = 229\, p_e\,\frac{P^{1,125}}{H^{0,938}}; \qquad d = 100\, p_c\,\frac{P}{H^{0,5}};$$

$$e = 100\, p_c\, H_b\,\frac{P}{H^{1,5}}.$$

Pentru a se evidenția felul rezolvării problemei, se admite $H = 80$ m și $P = 140\,000$ CP/turbină (100 000 kW/generator), aplicînd metoda la două cazuri, cu $p_h = 30$, $p_e = 35$, $p_c = 600$ lei/m³, $H_b = 10$.

Aplicația H_s — optim la grupul Francis. Constantele calculate la datele de mai sus se consideră înmulțite cu 10^6, anume: $a = 15,31$; $b = 0,538$; $c = 4,05$; $d = 27,7$; $e = 6,77$; $f = 1,19$. Cu aceste constante ecuația $\frac{\partial f(F)}{\partial F} = 0$ dă după ordonare:

$$17,95\, F^{0,67} + 20,78\, F^{1,093} + 0,992 - [6,11\, F^{0,335} + 9,06\, F^{0,503} + 1,19 \cdot 10^F (2,303\, F^{1,503} - 1,34\, F^{0,503})] = 0.$$

Soluția ecuației este $F = 1,205$ (optim), care dă contrapresiunea optimă $H_s = -18,2$ m și pentru care investițiile devin minime.

Aplicația H_s — optim la grupul Kaplan. Constantele devin în acest caz, considerate înmulțite cu 10^6: $a = 94,4$; $b = 14,8$; $c = 80,9$; $d = 939,6$; $e = 117,4$, pentru care anularea derivatei duce la ecuația:

$$165,2\, A^{0,75} + \frac{60}{(A - 0,1077)^{0,25}} + 1879\, A\,\frac{A + 0,6783}{24A - 4,22} -$$

$$- \left[33,3\, A^{1,25} + \frac{19262\, A^2}{(24A - 4,22)^2} + 234,8\, A\right] = 0$$

Soluția este $A = 0,261$ (optim), căreia îi corespunde $n_s = 513$, respectiv contrapresiunea optimă $H_s = -26,8$ m. Se observă că la căderi relativ mari pentru turbine Kaplan, rezultă contrapresiunea optimă mai mare decît la Francis, ceea ce se explică prin rapiditatea mai mare la Kaplan.

6. Stabilirea numărului de grupuri m-optim

În aliniatele precedente s-a calculat suma investițiilor $J + J_c$ în grupul complet plus clădirea centralei. În aceste formule se înlocuiește $P = N/m$, N fiind puterea întregii centrale în CP la arborii turbinelor.

Suma cheltuielilor anuale $k(J + J_c)$ se obține astfel ca funcție numai de datele de bază $N\,H\,H_s$ și m-necunoscut. Coeficientul cheltuielilor anuale $k = A/J$ s-a considerat aci ca acela mediu (0,04—0,05). De altă parte centrala produce o energie E kWh/an normal, care dă venitul $pE = p\varphi(m)$ în lei/an, cu p lei/kWh-prețul energiei electrice. S-a notat energia $E = \varphi(m)$ ca funcție de numărul grupurilor m, care poate fi calculată din planul de exploatare al anului hidrografic normal: $\varphi(m) = E = 9,81 \int_0^T QH\eta dt$.

Balanța veniturilor minus cheltuielile este o funcție pozitivă $f(m) = p\,\varphi(m) - k\,(J + J_c)$ cunoscută, iar anularea derivatei ei $\frac{\partial f(m)}{\partial m} = 0$ conduce la maximul lui $f(m)$ — maxim, care servește reproducției lărgite.

Centrala cu turbina Francis. Aplicînd calculul la expresia derivatei anulate și concentrînd toate mărimile constante în această problemă: $N\,H\,H_s$ (ultimul fiind înlocuit cu F așa cum

s-a demonstrat în aliniatul 3) pot fi calculate constantele $a-d$ date mai jos:

$$a = 5056\ \frac{p_h N^{0,875}}{H^{1,312} F^{1,173}}\ ;\quad b = 12,67\ \frac{p_h N^{1,375}}{H^{2,062} E^{1,843}}\ ;$$

$$c = N^{1,125}\left(\frac{78,3\ p_e}{H^{0,938} F^{0,75}} - \frac{355,7\ p_h}{H^{1,685} F^{1,508}}\right);$$

$$d = 0,0138\ \frac{p_c K N^{1,5}}{H^{2,25} F^{2,01}}\ .$$

$$\frac{\partial f(m)}{\partial m} = p\ \frac{\partial \varphi(m)}{\partial m} - 0,125\ \frac{ka}{m^{0,875}} + 0,375\ \frac{kb}{m^{1,375}} +$$

$$+ 0,125\ \frac{kc}{m^{1,125}} + 0,5\ \frac{kd}{m^{1,5}} = 0.$$

Centrala cu turbine Kaplan. În mod analog se obțin balanța și anularea derivatei ei în cazul turbinelor Kaplan, constantele date mai jos a,b,c, fiind diferite de cele din cazul precedent:

$$a = 31150\ p_h A^{1,75}\ \frac{N^{0,875}}{H^{1,312}}\ ;\qquad c = p_c K A^3\ \frac{N^{1,5}}{H^{2,25}}\ ;$$

$$b = N^{1,125}\left(229\ p_e\ \frac{(A - 0,1077)^{0,75}}{H^{0,938}} - 1300\ p_h\ \frac{A^{2,25}}{H^{1,687}}\right)$$

$$\frac{\partial f(m)}{\partial m} = p\ \frac{\partial f(m)}{\partial m} - 0,125\ \frac{ka}{m^{0,875}} + 0,125\ \frac{kb}{m^{1,125}} +$$

$$+ 0,5\ \frac{kc}{m^{1,5}} = 0$$

Centrala cu turbine Pelton. Se calculează cu relațiile deduse în aliniatul 2, care duc la anularea derivatei și cu constante $A-D$ diferite de acelea de la cazurile anterioare, anume:

$$A = 2477\ \frac{H^{0,5}}{n}\ ;\qquad B = 112,6\ \frac{N^{0,5}}{H^{0,75}}\ ;$$

$$C = 6050\ p_e\left(\frac{N}{n}\right)^{0,75}\ ;\qquad D = 605600\ p_c K k_u^3\ \frac{H^{1,5}}{n^3}$$

$$\frac{\partial f(m)}{\partial m} = p\ \frac{\partial \varphi(m)}{\partial m} - 2,5\ k\left(\frac{0,4A}{m^{0,6}} - \frac{0,1B}{m^{1,1}}\right)\left(Am^{0,4} + \frac{B}{m^{0,1}}\right)^{1,5} - 0,25\ \frac{kC}{m^{0,75}} - kD = 0$$

7. Aplicație la metoda determinării lui m-optim, pentru căderi mari

Se admite o centrală fictivă cu $N = 560\,000$ CP (400 000 kW la barele de joasă tensiune) și căderea $H = 500$ m și se efectuează calculul în două variante:

Varianta cu turbine Pelton. Cu valorile $p_h = 30$; $p_e = 35$; $p_c = 600$; $K = 1\,000$; $p = 0,1$ lei/kWh și $k = 0,05$, se obțin constantele balanței economice $A = 127,2$; $B = 837$; $C = 41\,200\,000$; $D = 2\,780\,000$. Energia produsă în funcție de numărul grupurilor m a rezultat din planul de exploatare în acest caz $E = (800\ m^{0,5} - 165\ m + 220)\ 10^6 = \varphi(m)$. Derivata ei dă $\frac{\partial \varphi(m)}{\partial m} = \left(\frac{400}{m^{0,5}} - 165\right) 10^6$, așa că anularea funcției $\frac{\partial f(m)}{\partial m} = 0$ conduce după ordonare la relația:

$$40\ m^{0,6} - 16,639\ m^{1,1} - \frac{1}{10^6}(6,36\ m^{0,5} -$$

$$- 10,46)\left(127,2\ m^{0,4} - \frac{8,37}{m^{0,1}}\right)^{1,5} - 0,515\ m^{0,25} = 0$$

Soluția ecuației $m = 5,6$ arată că numărul de grupuri cel mai economic este de 6 turbine Pelton de cîte 93 330 CP și generatoare de cîte 66 660 kW fiecare. La acest m-optim investiția în toate grupurile, plus clădirea centralei (fără celelalte construcții hidrotehnice), este de

$$m(J_t + J_g) + J_c = \left(Am^{0,4} + \frac{B}{m^{0,1}}\right) + C\ m^{0,25} +$$

$$+ D\ m = 109,94 \cdot 10^6.$$

Investiția specifică de 274,6 lei/kW instalat, la centrala cu turbine Pelton este cu + 31,2% peste i din cazul cu Francis, de mai jos.

Varianta cu turbine Francis, pentru aceleași N și H ca mai sus, dar cu contrapresiunea $H_s = -12$ m și aceleași $p_h\ p_e\ p_c\ K\ p\ k$ ca în varianta precedentă, vor fi $F = lg\ \frac{45,45}{H}(10 - H_s) = 0,301$; $n = 329$; $F = 99$; $a = 19\,200\,000$; $b = 759\,000$; $c = 52\,200\,000$; $d = 33\,200\,000$.

Analiza planului de exploatare, cu randamentele Francis, dă:

$E\ (760\ m^{0,5} - 200\ m + 500)\ 10^6 = \varphi\ (m)$;

$$\frac{\partial \varphi(m)}{\partial m} = \left(\frac{380}{m^{0,5}} - 200\right) 10^6.$$

Balanța $\frac{\partial f(m)}{\partial m} = 0$, dată precedent pentru cazul centralei cu turbine Francis, furnizează, după ordonare, relația:

$$38\ m + 0,01423\ m^{0,125} + 0,326\ m^{0,375} + 0,83 -$$

$$- (20\ m^{1,5} + 0,12\ m^{0,625}) = 0$$

Soluția $m = 3,66$ indică practic 4 turbine Francis de cîte 140 000 CP, cu generatoare de cîte 100 000 kW. Investiția totală este în acest caz:

$m\ (J_t + J_g) + J_c = 83,75 \cdot 10^6$, sau $i = 209,4$ lei /kW instalat, ceea ce dovedește că la căderi

mari soluția cu turbine Francis cu contrapresiune mare este mai economică decît soluția cu turbine Pelton.

8. Aplicația m-optim la căderi mijlocii

Admitem ca sub aliniatul 7, $N = 560000$ CP/centrală, la $H = 60$ m cădere în două variante:

Varianta cu turbine Francis: cu $H_s = -4$ m, se obține $F = \lg \frac{45,45}{60} (10 + 4) = 1,0253$ și $n_s = 329$ $F = 337,5$; $a = 73\,900\,000$; $b = 6\,360\,000$; $c = 137\,700\,000$; $d = 328\,000\,000$.

Energia produsă va fi:

$E = (780\ m^{0,5} - 200\ m + 480)\ 10^6$, deci derivata este $\frac{\partial \varphi(m)}{\partial m} = \left(\frac{390}{m^{0,5}} - 200\right) 10^6$.

Balanța $\frac{\partial f(m)}{\partial m} = 0$ dă după ordonare relația pentru m- optim:

$$39\ m + 0,1194\ m^{0,251} + 0,86\ m^{0,375} + 8,2 - (20\ m^{1,5} + 0,462\ m^{0,625}) = 0$$

Soluția $m = 4,22$ indică numărul economic de 4 turbine Francis de cîte 140 000 CP, iar investiția este analogă cazurilor precedente:

$$m\ (J_t + J_g) + J_c = a\ m^{0,125} + \frac{b}{m^{0,375}} + \frac{c}{m^{0,125}} + \frac{d}{m^{0,5}} = 371,5 \cdot 10^6.$$

Investiția specifică $i = 928,7$ lei/kW este mai mare decît în aplicațiile anterioare, deoarece avem o cădere de 60 m, față de 500 m anterior.

Varianta cu turbine Kaplan: cu contrapresiunea $H_s = -13$ m se calculează

$$A = 0,1077 + \frac{78,6}{n_s} = 0,2802;$$

$$n_s = \frac{30\,000}{24 + H \frac{11,5}{10 - H_s}} - 100 = 456$$

și constantele $a = 50\,600\,000$; $b = 135\,100\,000$; $c = 551\,000\,000$;

$$E = (770\ m^{0,5} - 200\ m + 460)\ 10^6;$$

$$\frac{\partial \varphi\ (m)}{\partial m} = \left(\frac{385}{m^{0,5}} - 200\right) 10^6.$$

Balanța economică derivată și anulată furnizează relația:

$$38,5\ m + 0,884\ m^{0,375} + 13,77 - (20\ m^{1,5} + 0,316\ m^{0,625}) = 0$$

Soluția $m = 4,37$ arată 4 turbine Kaplan, iar investiția totală este:

$$m\ (J_t + J_g) + J_c = a\ m^{0,125} + \frac{b}{m^{0,125}} + \frac{c}{m^{0,5}} = 449,1 \cdot 10^6.$$

Investiția specifică $i = 1123$ lei/kW instalat este superioară celei din soluția cu turbine Francis și pentru a putea concura cu ea ar trebuie în cazul soluției cu turbine Kaplan majorată contrapresiunea.

Concluzii

Studiul de față dezvoltă mai departe metodele propuse în bibl. 1—3 cu ajutorul cărora s-au stabilit pe cale analitică: gabaritele turbinelor de diferite tipuri, greutățile și investițiile în turbine, generatoare și echipamente anexe și tipurile de turbine optime pentru datele de bază ale schemei hidroenergetice.

Investiția totală, ca și cea specifică pe kW-instalat, depinde de puterea grupului P și de căderea H. Tipul turbinei, gabaritele ei, aspirația sau contrapresiunea H_s a turbinelor Francis și Kaplan, respectiv numărul injectoarelor turbinelor Pelton, sînt în relații bine determinate de P și H, iar prețurile unitare se cunosc din devize.

Problemele principale rezolvate de acest studiu sînt: stabilirea investiției specifice i lei/kW în funcție de variabila independentă H și de mărimile P H_s, respectiv M-injectoare și m-grupuri, care sînt determinate de H. Se constată că i scade foarte mult o dată cu creșterea căderii H, studiată în limitele 10 la 2000 m. La aceeași cădere, i diferă după tipul turbinei. La același tip și la H constant variind puterea grupului P, se constată că i variază numai cu cîteva procente, chiar dacă P crește de la 10 000 la 200 000 CP/turbină. Introducînd însă și investiția specifică i_c în clădirea centralei se observă că $i + i_c$ scade sensibil, cu P-crescător.

Astfel, schemele hidroenergetice cu P și H cît mai mari vor conduce la soluții mai economice decît schemele cu căderi fărîmițate în multe trepte și cu centrale echipate cu prea multe grupuri. Proiectanții rezolvă just aceste probleme, însă numai după studierea laborioasă a multor variante, care lungesc durata și costul proiectării.

Aplicînd metodele propuse, se rezolvă rapid și suficient de exact aceste probleme. Aplicațiile numerice efectuate în studiu pentru i în funcție de H, P și H-optim, ca și numărul optim de grupuri ilustrează simplitatea și utilitatea folosirii metodelor propuse.

Bibliografie

[1] Pavel D.: *Contribuție la dimensionarea turbinelor*, Hidrotehnica 3/1956;

[2] Pavel D.: *Căi de reducere a investițiilor*, Hidrotehnica 12/1959;

[3] Pavel D.: *Neue Methoden zur Vordimensionierung der Parameter von Wasserturbinen*, Waterturbines Conference, Brno 1958/Rap C3

Zonificarea teritoriului R.P.R. din punct de vedere al temperaturii exterioare convenţionale de calcul pentru încălzire

Ing. *E. DIMITRIU—VÎLCEA*

I. INTRODUCERE

Temperatura exterioară convenţională de calcul pentru încălzire este reglementată în prezent în ţara noastră prin STAS 1488—54 („Temperaturi exterioare convenţionale de calcul. Instalaţii de încălzire"). În baza acestor temperaturi, prin STAS 760—54 („Lucrări de zidărie. Date constructive pentru zidărie de cărămidă"), s-a efectuat zonificarea capacităţii de izolare termică necesară pentru pereţii exteriori la clădirile de locuit şi sociale.

Problema temperaturii exterioare de calcul aduce în prezent în discuţie noi factori de care trebuie să se ţină seama la stabilirea ei, care nu au fost luaţi în considerare în mod ştiinţific în metoda de stabilire folosită în STAS 1488—54.

Dintre aceşti noi factori, cea mai mare importanţă o prezintă inerţia termică a elementelor exterioare de construcţie, mai ales în prezent, cînd introducerea noilor materiale uşoare de construcţie duce la folosirea de elemente de construcţie exterioare de grosimi reduse.

De aceea, a fost necesară elaborarea unei noi metode de stabilire a temperaturii exterioare de calcul, care a fost propusă în cadrul Institutului de Cercetări în Construcţii şi introdusă în STAS 909 „Izolarea termică a clădirilor" (Anteproiect), precum şi în STAS 1907 „Calculul necesarului de căldură la instalaţiile de încălzire" (Redactarea I-a).

În articolul de faţă se analizează critic metoda care a fost folosită la stabilirea temperaturii exterioare de calcul pentru încălzire, în lumina teoriei stabilităţii termice a elementelor de construcţie, la variaţia temperaturii aerului exterior în timpul iernii.

II. BAZELE TEORETICE DE STABILIRE A TEMPERATURII EXTERIOARE DE CALCUL

Temperatura exterioară convenţională de calcul pentru încălzire „t_e" se defineşte ca temperatura aerului exterior care :

— asigură pentru perioada de iarnă capacitatea de izolare termică a elementelor de construcţie necesare realizării confortului interior în clădiri, şi

— determină pierderile de căldură în calculul necesarului de căldură al clădirii.

În ţările cu climă asemănătoare ţării noastre, la stabilirea temperaturii exterioare de calcul s-au folosit două categorii de metode diferite, şi anume :

— una care consideră temperatura de calcul independent de proprietăţile termice ale elementelor exterioare de construcţie ale clădirilor. În calculele termice ale clădirilor această temperatură este privită ca o valoare fixă, stabilită de obicei ca o medie a minimelor absolute anuale, pe baza căreia se dimensionează instalaţia de încălzire, astfel încît să se realizeze o anumită temperatură interioară, neţinîndu-se seama de inerţia termică ci numai de transmisia termică prin elementele clădirii ;

— alta care consideră temperatura de calcul dependentă de proprietăţile termice ale elementelor exterioare de construcţie ale clădirilor. În calculele termice ale clădirilor rezultă că se alege pentru fiecare regiune climatică o anumită temperatură de calcul pentru clădiri, ale căror elemente de construcţie prezintă anumite proprietăţi termice (rezistenţă la transmisia termică, inerţie termică etc.). Temperatura exterioară de calcul se alege astfel încît la variaţiile de temperatură ce se produc în realitate să se realizeze o variaţie mică a temperaturii pe suprafaţa interioară a elementelor de construcţie, în funcţie de inerţia lor termică şi prin aceasta confortul interior al clădirilor să fie asigurat.

Cercetările experimentale pentru stabilirea consumurilor de căldură ale clădirilor sub influenţa condiţiilor climatice exterioare nu au fost făcute metodic. Astfel, nu a putut fi prinsă ponderea influenţei fiecărui parametru fizic în procesul transmisiei de căldură al clădirii încălzite. De altfel, din cauza fenomenelor fizice extrem de complexe, asemenea cercetări necesită o durată mare de experimentare, care se poate extinde la cîţiva zeci de ani.

Din practică se cunoaşte faptul că instalaţiile de încălzire proiectate nu sînt solicitate la capacitatea lor maximă, supradimensionarea fiind evaluată de unii cercetători la circa 20—30%.

De aceea, stabilirea parametrilor fizici, de calcul, pentru proiectarea termotehnică a clădirilor are importanţă nu numai în asigurarea confortului interior, ci şi în realizarea acestui confort cu maximum de economicitate.

Fenomenul transmisiei căldurii în clădiri fiind extrem de complex, diversele sale aspecte particulare trebuie studiate în mod separat, iar rezultatele trebuie însumate.

Aceste aspecte sînt :

— stabilirea coeficienţilor de trecere a căldurii, a conductivităţilor termice ale materialelor şi a rezistenţelor de transmisie termică

a elementelor de construcție, în condiții de umiditate reală de exploatare;

— stabilirea temperaturii exterioare de calcul;

— precizarea adaosurilor de încălzire (pentru compensarea influenței suprafețelor reci, pentru funcționarea intermitentă a încălzirii, pentru orientare și pentru compensarea efectului vîntului asupra construcțiilor), folosite în calculul necesarului de căldură la proiectarea instalațiilor de încălzire.

La stabilirea valorilor de calcul ale parametrilor termici trebuie avute în vedere simultaneitatea și influența reciprocă a acestor parametri.

Astfel, în problema stabilirii temperaturii exterioare de calcul trebuie avută în vedere dependența dintre temperatura aerului exterior și proprietățile termice ale elementelor de construcție.

Alegerea temperaturii exterioare de calcul are însemnătate mai ales în regiunile cu vînturi slabe sau lipsite de vînt, deoarece în acest caz la pierderea de căldură a clădirilor ponderea cea mai mare este dată de diferența de temperatură dintre temperaturile interioară și exterioară.

În regiunile cu vînturi puternice, considerarea simultaneității dintre temperatura exterioară și vînt devine importantă, deoarece de data aceasta adaosul de vînt la pierderile de căldură poate căpăta o pondere mare în comparație cu pierderile de căldură considerate fără adaos.

Introducerea noilor materiale de construcție eficiente termic necesită stabilirea unor temperaturi exterioare de calcul care să țină seama de variația inerției termice a acestor materiale.

Pînă în prezent comportarea termică a clădirilor tradiționale, cu pereți omogeni din cărămidă de argilă arsă, se analiza numai sub aspectul grosimii acestor pereți, de care depindeau și ceilalți parametri termici. Actualmente, la comportarea termică a clădirilor ușoare, cu pereți din mai multe straturi neomogene, trebuie să se țină seama de toți parametrii termotehnici ai acestor materiale și îndeosebi de capacitatea lor de acumulare termică.

III. STABILITATEA TERMICĂ A ELEMENTELOR DE CONSTRUCȚIE

Temperatura aerului exterior variază după o anumită curbă, variație care într-un anumit interval de timp „z" poate fi asimilată cu o oscilație armonică sinusoidală. Aceasta se poate descompune într-o sumă de armonici, prima cu perioada de oscilație „z", a doua cu perioada z/2 zile, a treia cu perioada de z/3 zile etc. (fig. 1).

Variația de temperatură a aerului exterior influențează variația temperaturii aerului interior și temperatura suprafeței interioare a elementelor de construcție. Pe măsura trecerii căldurii de la suprafața exterioară la suprafața interioară a elementelor de construcție, oscilațiile temperaturilor în interiorul acestor elemente

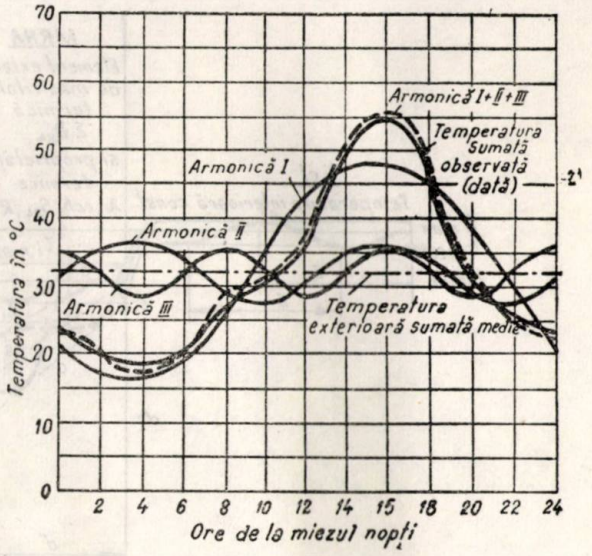


Fig. 1. Aproximarea curbei de temperatură a aerului exterior cu o curbă armonică.

se amortizează (amplitudinile lor descrescînd, iar defazajul lor crescînd) în funcție de stabilitatea termică a acestor elemente. Caracteristica stabilității termice a elementelor este indicele inerției termice D_{24}, care pentru elementele compuse din mai multe straturi are următoarea expresie:

$$D_{24} = \Sigma R_n S_{24n} \qquad (1)$$

unde:

$R_n = \frac{\delta n}{\lambda n}$ este rezistența la permeabilitate termică a stratului component „n", în m²hgrd/kcal;

δ_n, λ_n — grosimea și conductivitatea termică a materialului stratului component „n", în m, respectiv kcal/mhgrd;

$S_{24n} = 0{,}51\sqrt{\lambda_n C_n \gamma_n}$ — asimilarea termică a materialului stratului component „n";

$C_n\,\gamma_n$ — căldura specifică și greutatea specifică aparentă a materialului component „n", în kcal/kggrd, și respectiv kg/m³.

Valoarea temperaturii suprafeței interioare a elementelor exterioare cu anumită inerție termică D_{24} este influențată sensibil numai în cazul cînd acțiunea temperaturii aerului durează o anumită perioadă de timp „z" egală cu durata armonicii (sinusoide) de bază, cu care a fost asimilată variația temperaturii aerului exterior.

De aceea, variațiile de scurtă durată ale temperaturii aerului exterior nu provoacă scăderea temperaturii suprafețelor interioare ale elementelor, influența lor manifestîndu-se numai

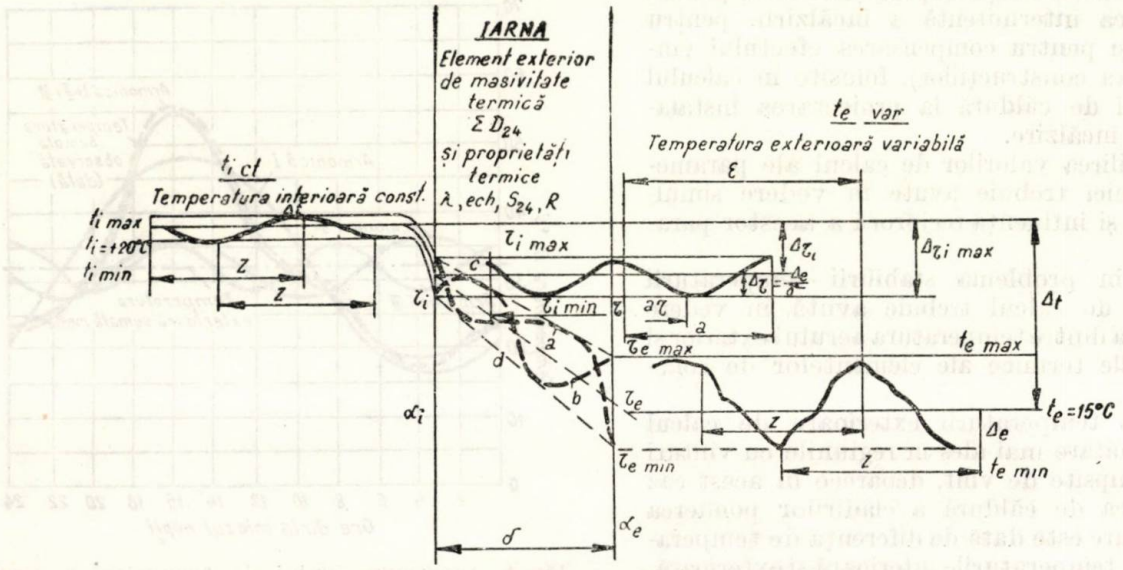


Fig. 2. Variația temperaturii suprafeței interioare a elementelor exterioare de construcție și a temperaturii inferioare, sub influența variației temperaturii exterioare în timpul iernii.

pînă la o anumită adîncime în interiorul lor (fig. 2).

Deci, în cazul amortizării complete a amplitudinii oscilației ce a fost asimilată cu armonica de bază de durată „z" se vor amortiza și amplitudinile oscilațiilor armonice de ordinul 2, 3 etc.

Rezultă că pentru un element de construcție considerat trebuie aleasă acea temperatură exterioară de calcul medie pe durata „z", a cărei influență provoacă pe suprafața interioară o variație de temperatură $\tau_{i\,min}$ la care se evită condensarea și nu apare senzația de frig produsă de radiația excesivă de căldură a corpului omenesc spre perete.

Deci amortizarea „ν" a amplitudinii oscilației temperaturii aerului exterior, la trecerea sa pe suprafața interioară a peretelui, trebuie astfel aleasă încît confortul interior să fie asigurat [2].

Amortizarea se definește prin raportul dintre amplitudinile temperaturii exterioare și ale temperaturii pe suprafața interioară a peretelui :

$$\nu = \frac{A_e}{A_{\tau_i}} = f(\lambda_n, C_n, \gamma_n, \delta_n, \alpha, z) = f(D_{24}, S_{24n}, \alpha, z) \quad (2)$$

în care :

A_e — amplitudinea oscilației temperaturii aerului exterior;

$A_{\tau i}$ — amplitudinea oscilației temperaturii suprafeței interioare a elementului.

Amortizarea „ν" este funcție de proprietățile termice ale materialelor componente ale elementelor de construcție (grosimea „δ_n", conductivitatea termică „λ_n", căldura specifică „C_n", greutatea specifică aparentă „γ_n" și schimbul de căldură la suprafețele elementelor „α") și de durata de oscilație „z". Pe lîngă proprietățile termice ale elementelor de construcție, amortizarea „ν" este influențată și de ordinea de așezare a straturilor componente ale peretelui.

Pentru a ține seamă de influența inerției termice, vor trebui alese drept temperaturi de calcul temperaturile medii pentru durate de oscilații „z_0" determinate de amortizarea „ν" necesară asigurării confortului interior în funcție de inerția termică — „D_{24}" a pereților.

În tabela 1 și fig. 3 se indică diverse inerții termice „D_{24}" ale elementelor de construcție și diverse amortizări ν admise pentru duratele oscilației de calcul „z_0" pe al căror interval media temperaturilor reprezintă temperatura exterioară de calcul „t_{ec}".

Tabela 1

Z_c (zile)	0,1	0,3	0,5	0,7	1,0	1,2	2	3	4	4,3	5,0	6	8
D_{24}	1	2	—	3	4	—	5	6	—	7	—	8	9
ν (ori)	—	—	11,5	—	12,5	—	14,5	16,0	—	17,0	18,0	—	—
Gros. zid. cărăm. arg.(cărămizi)	—	—	—	1	—	1 ½	—	2	—	—	3	—	—

În cazul unei amplitudini a oscilației temperaturii aerului exterior de 3—6°C, amplitudinea oscilației temperaturii pe suprafața interioară a unui perete de o cărămidă argilă de 36,5 cm grosime va fi de ordinul a 0,1—0,3°C.

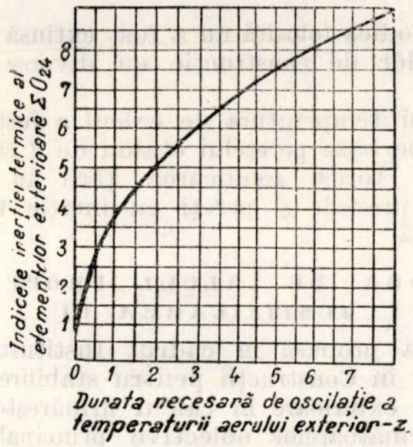


Fig. 3. Dependența între coeficientul de inerție termică ΣD_{24} și intervalul de timp Z_0 a cărui temperatură medie este temperatura exterioară de calcul.

Normarea capacității de izolare termică a elementelor exterioare de construcție este exprimată prin rezistența lor necesară la transmisia termică „$R_{o\,nec}$". Valoarea „$R_{o\,nec}$" rezultă din condiția evitării condensării și a senzației de frig datorate scăderii temperaturii suprafeței interioare sub temperatura necesară confortului — „$\tau_{i\,min}$", adică :

$$R_{o\,nec} = \frac{t_i - t_{ec}}{t_i - \tau_{i\,min}} R_i m = \frac{\Delta t}{\Delta \tau_{i\,min}} R_i m \text{ în } m^2h \text{ grad/kcal}$$

unde :

t_i este temperatura interioară a aerului, în°C ;

R_i — rezistența la trecerea căldurii pe suprafața interioară a elementelor $\left(\frac{1}{\alpha_i}\right)$, în m^2h grad/kcal.

Pentru a nu avea mai multe temperaturi exterioare de calcul se adoptă o anumită temperatură exterioară de calcul corespunzătoare pereților cu inerție termică etalon, iar diferența dintre temperatura de calcul pentru elemente cu inerții termice mai mici sau mai mari va fi luată în considerare prin factorul de corecție „m" :

$$m = \frac{t_i - t'_{ec}}{t_i - t_{ec}} \qquad (4)$$

în care :

t'_{ec} este temperatura exterioară de calcul pentru elementul dat, în °C ;

t_{ec} — temperatura exterioară de calcul pentru peretele cu inerție termică etalon, în °C.

IV. METODA DE DETERMINARE A TEMPERATURII EXTERIOARE DE CALCUL PRESCRISĂ PRIN STAS 1488—54, „INSTALAȚII DE ÎNCĂLZIRE" ȘI CRITICA EI

Metoda aplicată la stabilirea actualelor temperaturi de calcul a fost următoarea :

— s-a construit curba de durată maximă a temperaturilor aerului exterior ; această curbă a fost obținută luînd mediile duratelor celor mai mari ale temperaturilor pe o perioadă de 20—25 ani ;

— pentru obținerea temperaturii medii (presupusă că oscilează armonic) pe durata sa maximă, s-a trasat o dreaptă, astfel încît suprafețele generate de curba menționată cu ordonata temperaturilor și ordonata ridicată în dreptul duratei de 4,5 zile (admisă corespunzătoare unui perete etalon de cărămidă argilă de 49 cm grosime) să fie egale ; prin această dreaptă a fost determinată temperatura exterioară de calcul și ea a fost luată în considerație la proiectarea pereților de zidărie în STAS 760—54 („Lucrări de zidărie. Date constructive pentru zidăria de cărămidă") ;

— s-a coborît apoi cu 3°C temperatura exterioară astfel rezultată, obținînd temperatura convențională de calcul pentru instalațiile de încălzire (fig. 4). Această reducere de temperatură s-a justificat prin necesitatea acoperirii diferenței de inerție termică dintre diferitele tipuri de elemente exterioare (pereți, ferestre etc.), care sînt executate din diverse materiale de construcție, precum și pierderilor de căldură suplimentare la coțuri, spaleți etc.

STAS 1488—54 prevede împărțirea țării în 7 zone de temperatură de calcul, cu diferențe din grad în grad, de la —18°C la —24°C (fig. 5), iar STAS 760—54 prevede numai 2 zone cu temperaturi de —17°C și —21°C.

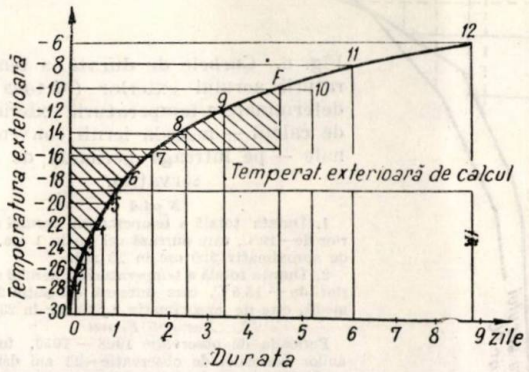


Fig. 4. Diagrama de calcul a temperaturii exterioare de calcul conform STAS 1488—54.

Deficiențele acestei metode sînt următoarele :

a) Scăderea cu 3°C a temperaturii exterioare în mod constant, indiferent de inerția termică a elementelor de construcție. Aceasta nu poate fi justificată prin prezența ferestrelor, deoarece

— din punct de vedere sanitar-igienic pe suprafața interioară a ferestrelor se admit condensări în timpul iernii;

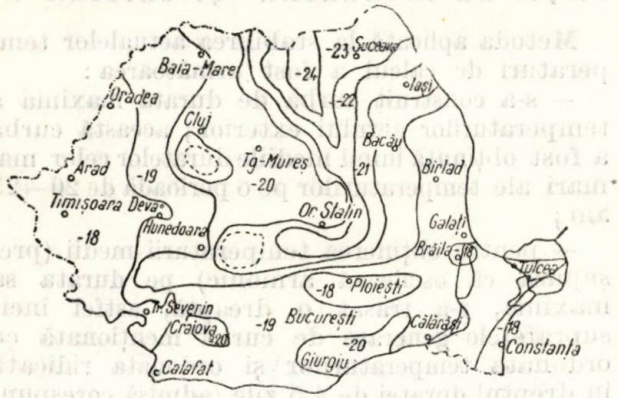


Fig. 5. Zonele de temperaturi exterioare de calcul conform STAS 1488—54.

— acumularea termică a elementelor de construcții interioare (pereți interiori, planșee) și a mobilierului atenuează variațiile mari de temperatură de pe suprafața interioară a ferestrelor;

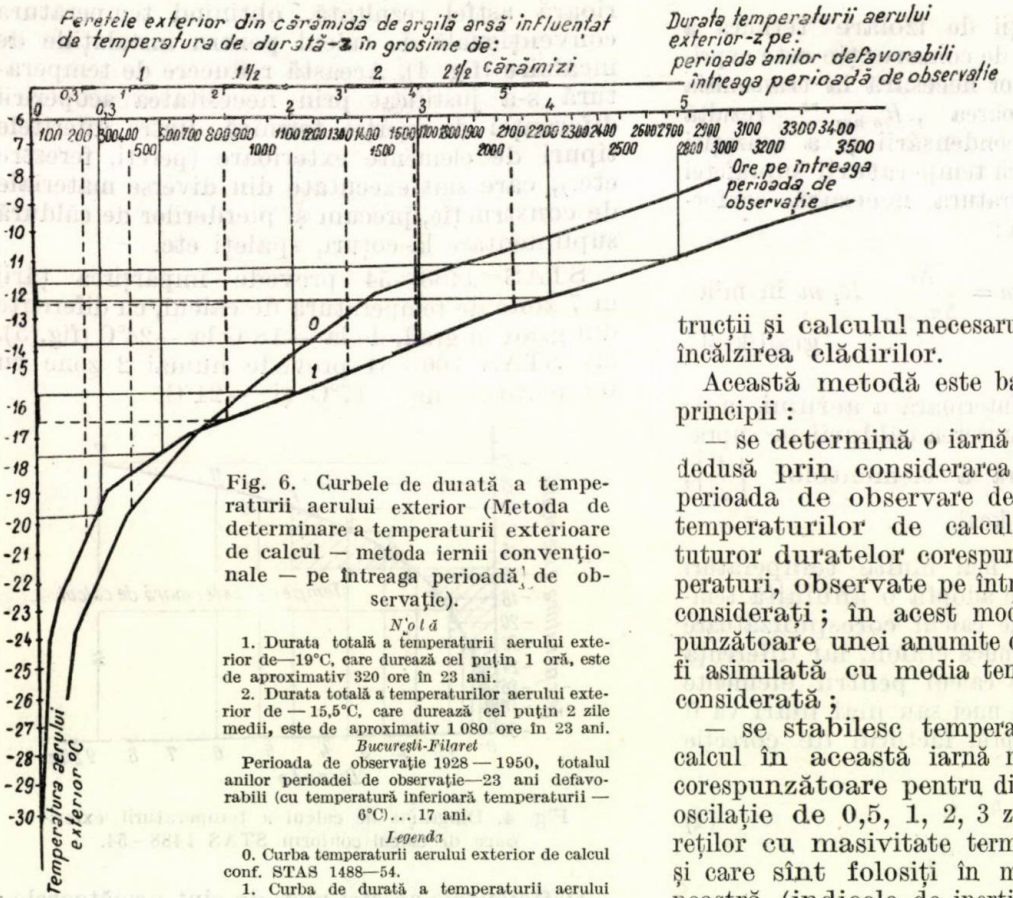


Fig. 6. Curbele de durată a temperaturii aerului exterior (Metoda de determinare a temperaturii exterioare de calcul — metoda iernii convenționale — pe întreaga perioadă de observație).

Notă

1. Durata totală a temperaturii aerului exterior de—19°C, care durează cel puțin 1 oră, este de aproximativ 320 ore în 23 ani.

2. Durata totală a temperaturilor aerului exterior de — 15,5°C, care durează cel puțin 2 zile medii, este de aproximativ 1 080 ore în 23 ani. *București-Filaret*

Perioada de observație 1928 — 1950, totalul anilor perioadei de observație—23 ani defavorabili (cu temperatură inferioară temperaturii — 6°C)... 17 ani.

Legenda

0. Curba temperaturii aerului exterior de calcul conf. STAS 1488—54.

1. Curba de durată a temperaturii aerului exterior cu durata de minimum 1 oră.

— la dimensionarea instalației de încălzire se ține seama de influența suprafețelor reci ale ferestrelor asupra confortului, prin adaosul special introdus la calculul necesarului de căldură.

b) Temperaturile de calcul pentru instalațiile de încălzire conform STAS 1488—54 se ivesc foarte rar, frecvența lor medie pe întreaga perioadă de observații fiind mai mică de o zi pe iarnă.

c) Metodica folosită nu a fost extinsă asupra elementelor de construcție cu diverse inerții termice.

d) Deși temperatura de calcul a fost determinată pe baza peretelui etalon de 2 cărămizi grosime, totuși zonificarea țării în STAS 760—54 prevede și pereți cu inerție termică mai mică.

V. METODA DE CALCUL PROPUSĂ ȘI JUSTIFICAREA EI

Metoda propusă în cadrul Institutului de Cercetări în Construcții pentru stabilirea temperaturii exterioare în calcul urmărește realizarea următoarelor obiective principale:

— limitarea oscilației temperaturii pe suprafața interioară a elementelor de construcție cu diverse inerții termice, sub acțiunea oscilației temperaturii exterioare de calcul, ținînd seamă de durata ei de oscilație;

— determinarea unei zonificări unice a temperaturilor exterioare pentru calculul termo-tehnic al elementelor de construcții și calculul necesarului de căldură pentru încălzirea clădirilor.

Această metodă este bazată pe următoarele principii:

— se determină o iarnă medie convențională, dedusă prin considerarea tuturor iernilor din perioada de observare de 20—25 ani; durata temperaturilor de calcul rezultă din media tuturor duratelor corespunzătoare fiecărei temperaturi, observate pe întreaga perioadă de ani considerați; în acest mod temperatura corespunzătoare unei anumite durate de timp poate fi asimilată cu media temperaturii pe durata considerată;

— se stabilesc temperaturile exterioare de calcul în această iarnă medie convențională, corespunzătoare pentru diverse durate medii de oscilație de 0,5, 1, 2, 3 zile caracteristice pereților cu masivitate termică mică și mijlocie, și care sînt folosiți în mod curent în țara noastră (indicele de inerție termică a acestor pereți este cuprins între 2,5 și 6) (fig. 6).

În cazul pereților exteriori în grosime de 1 ½ și 2 cărămizi argilă prescrișă de STAS 760—54 se poate lua drept temperatură exterioară de

calcul temperatura avînd durata medie de 2 și respectiv 3 zile în iarna medie convențională.

Avantajele acestei metode în comparație cu cea folosită de actualul standard sînt :

— metoda propusă corespunde în mai mare măsură teoriei amortizării undelor termice în

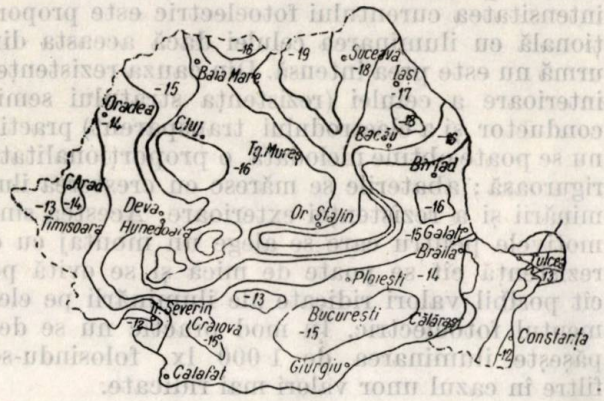


Fig. 7. Harta temperaturilor exterioare de calcul produsă pentru a înlocui harta indicată în STAS 1488—54.

elementele exterioare de construcție, eliminînd nepotrivirile teoretice, care caracterizează vechea metodă ;

— metoda este simplă, atît în ceea ce privește construcția curbei de temperatură cît și în privința determinării temperaturii exterioare de calcul ;

— metoda permite precizarea unor temperaturi exterioare de calcul și pentru elementele de construcție cu inerții termice diferite de cele luate ca etalon [4].

Temperaturile calculate după metoda propusă sînt mai ridicate decît temperaturile calculate după metodica standardizată cu 3—6°C (fig. 7), [5].

Ele au o frecvență medie de apariție de 98% din perioada de încălzire.

Astfel, pentru București temperatura nouă de calcul de —15°C stabilită pe baza iernii medii convenționale, pentru o durată de 2 zile succesive, corespunde unei durate totale de aproximativ 1 100 de ore, adică de 22 de ori pe o perioadă de 23 de ani considerați, în timp ce temperatura de —19°C, indicată în STAS 1488—54, apare numai cu o durată totală de 380 de ore, adică de 8 ori pe aceeași perioadă.

Între temperatura exterioară stabilită prin metoda iernii medii convenționale pentru localitățile din țara noastră și între temperatura medie a lunii ianuarie pe o perioadă lungă de ani se observă că există o relație liniară ce se exprimă prin formula :

$$t_{ec} = 1{,}25\ t_{med.ian} - 11 \qquad (5)$$

în care :

$t_{med.ian}$ — temperatura medie a lunii ianuarie pe o perioadă lungă de ani.

Rezultatele obținute pe baza acestei formule față de cele calculate prin metoda iernii medii convenționale pot duce la o diferență de ± 1°C și în mod excepțional de ± 2°C. [6].

Pentru considerarea influenței temperaturii exterioare de calcul asupra elementelor de construcție cu inerție termică diferită (mai mică sau mai mare) față de aceea a elementelor etalon se pot folosi coeficienții de corecție m ai rezistenței la transmisia termică necesară $R_{o\,nec}$ indicați în tabela 2, în funcție de inerția lor termică.

Tabela 2

Nr. crt.	Masivitatea termică a elementelor exterioare	Indicele de inerție termică D_{24}	Coeficientul de corelație m
1	Mică	2,5 3,6	1,15 1,10
2	Mijlocie	4,75 0,75	1,00 0,93

Bibliografie

[1] Sclover A. M. : *Stabilitatea termică a clădirilor.* Gosstroizdat 1952.

[2] Fokin K. F. : *Termotehnica elementelor exterioare de construcții.* Gosstroizdat 1954.

[3] Siara V. : *Influența temperaturilor exterioare asupra proiectării construcțiilor.* Rev. Standardizare nr. 5—1954.

[4] * * * : ICML (Inst. de Cercetări în Construcții) : *Stabilirea temperaturii exterioare de calcul pentru elementele exterioare de construcții — 1958.*

[5] Dimitriu-Vîlcea E. și Georgescu St. : *Metoda de stabilire a temperaturii exterioare de calcul pentru elementele exterioare de construcții.* Rev. Standardizarea nr. 7, 8, 9—1959.

[6] * * * : IPCMC (Institutul de Cercetări în Construcții) : *zonificarea teritoriului R.P.R. din punct de vedere al temperaturii exterioare de calcul pentru elementele exterioare de construcții* — 1959.

Tehnica măsurătorilor de iluminare de exterior

Ing. *W. SCHAPIRA*

Electrificarea masivă a oraşelor şi satelor ţării a avut ca efect o creştere puternică a numărului şi lungimii instalaţiilor pentru iluminatul străzilor şi o îmbunătăţire substanţială a calităţii acestora. Punerea în funcţiune în acest an a fabricii de lămpi cu fluorescenţă, ca şi introducerea pe scară largă a unor surse de lumină moderne cer ca noile instalaţii să fie din punct de vedere calitativ la nivelul tehnicii mondiale. Aprecierea calitativă a instalaţiilor pentru iluminatul străzilor se face măsurînd o serie de caracteristici lumino-tehnice şi comparînd valorile obţinute cu acelea din prescripţii sau din literatură. Nivelul de iluminare pe care îl prezintă o instalaţie existentă sau nouă este unul din indicii cei mai importanţi pentru această apreciere. În acest scop în cele ce urmează se vor arăta pe scurt măsurile care trebuie luate pentru a se efectua măsurători corecte de iluminare dîndu-se totodată şi cîteva indicaţii asupra măsurătorilor de strălucire.

1. Luxmetrele şi principiile lor de funcţionare

Măsurătorile de iluminare se efectuează în mod obişnuit cu aparate cunoscute sub denumirea de luxmetre. Luxmetrele cele mai uzitate constau dintr-un element fotoelectric şi un aparat de măsură a curentului [1]. Elementul fotoelectric constă dintr-o placă metalică de bază (P) pe care este fixat un strat de material semiconductor (H) (de obicei seleniu). Peste acesta este suprapus un strat metalic străveziu care constituie cel de al doilea electrod (M). Între M şi H se interpune un strat bun conductor de zăvorîre (T) care permite trecerea curentului numai într-un singur sens (fig. 1).

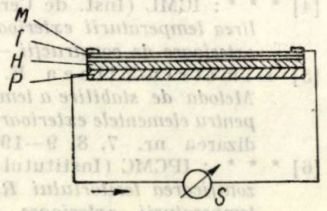


Fig. 1. Schema de principiu a unui element fotoelectric cu aparatul de măsură:

M — electrodul de acoperire; T — strat de zăvorîre; H — strat din material semiconductor; P — placă metalică de bază; S — instrument de măsură a curentului.

Datorită fluxului luminos care cade pe elementul fotoelectric se desprind electroni din stratul semiconductor care trecînd prin stratul T se îndreaptă către electrodul M. Acest electrod capătă deci potenţial negativ, iar stratul semiconductor devine pozitiv. Dacă se închide circuitul între P şi M, printr-o legătură exterioară se poate măsura intensitatea curentului produs de această diferenţă de potenţial; curentul fotoelectric produs depinde însă atît de fluxul luminos care cade pe celulă cît şi de rezistenţa exterioară a circuitului. Dacă rezistenţa acestui circuit este nulă, curentul care circulă se consideră drept curent de scurtcircuit; în acest caz intensitatea curentului fotoelectric este proporţională cu iluminarea celulei dacă aceasta din urmă nu este prea intensă. Din cauza rezistenţei interioare a celulei (rezistenţa stratului semiconductor şi a electrodului transparent) practic nu se poate obţine niciodată o proporţionalitate riguroasă; abaterile se măresc cu creşterea iluminării şi a rezistenţei exterioare. Acestea sînt motivele pentru care se alege un montaj cu o rezistenţă cît se poate de mică şi se evită pe cît posibil valori ridicate ale iluminării pe elementul fotoelectric. În mod practic nu se depăşeşte iluminarea de 1 000 lx, folosindu-se filtre în cazul unor valori mai ridicate.

2. Corecţiile de care trebuie să se ţină seama la efectuarea măsurătorilor

Deoarece în timpul măsurătorilor pot apărea diferite erori, este necesar ca pentru evitarea acestora să se folosească o serie de factori de corecţie. Utilizarea atentă şi corectă a acestor factori este o condiţie esenţială pentru obţinerea unor rezultate cît mai apropiate de realitate. În cele ce urmează se vor indica principalele cauze care duc la erori de măsură ca şi factorii de corecţie care trebuie utilizaţi.

2.1. *Corecţia de culoare.* Luxmetrele au o sensibilitate spectrală diferită de aceea a ochiului omenesc. Asimilarea prin filtre a sensibilităţii spectrale a celulei cu aceea a ochiului duce la scăderea sensibilităţii instrumentului.

Pentru scopurile iluminatului public îndeosebi este indicată utilizarea de factori de corecţie, luîndu-se drept punct de referinţă spectrul lămpii cu incandescenţă.

Iată diferiţi factori de corecţie:

a) după norma austriacă (Önorm O 1.020 [2])

lampă cu incandescenţă	1,0
lampă cu vapori de mercur şi balon fluorescent	1,15—1,30
lampă cu vapori de mercur şi balon de sticlă transparentă	1,20—1,40
lampă cu vapori de sodiu	1,30—1,55
lampă fluorescentă:	
lumina zilei	0,9 — 1,0
lumina albă	1,05—1,10
de Luxe	1,00—1,05
alb-cald	1,10—1,15
lumina soarelui	0,95—0,85
lumina zilei	0,8 — 0,9

b) după prospectul luxmetrului tip LM 1 fabricat „Carl Zeiss" Jena [1]

lampă fluorescentă tip HNG	1,4
idem, HNW	1,4
idem, HNT	1,2
lumina zilei	0,9
lampă cu arc cu electrozi de cărbune	0,8

Fabricile constructoare indică coeficienți de corecție diferiți pentru fiecare tip de celulă. Valoarea reală a iluminării se obține din relația:

Valoarea reală = coeficient de corecție × indicația galvanometrului.

2.2. *Corecția de temperatură.* Indicațiile unui luxmetru sînt de obicei exacte, cu o eroare mai mică de 1%, dacă ansamblul se găsește la temperatura de 10—30°C și dacă elementul și galvanometrul sînt la aceeași temperatură. În alte condiții de temperatură sînt posibile erori mai mari care pot atinge chiar 10%.

2.3. *Eroarea de frecvență.* Capacitatea elementului fotoelectric poate produce la frecvențe înalte indicații eronate (la 1 000 Hz erorile pot atinge 30—70%).

2.4. *Corecția de unghi.* Reflecția fluxului luminos care cade pe celulă atunci cînd raza incidentă face un unghi mare cu verticala, ca și umbrele puternice pe care le produce în acest caz cadrul în care e fixată celula au ca efecte indicații eronate ale luxmetrului. Pentru evitarea acestor erori există în comerț elemente gata corectate care însă nu sînt recomandabile (datorită sensibilității lor reduse) pentru măsurătorile în instalațiile de iluminat public. Corecția de unghi la celule obișnuite trebuie realizată astfel (2);

1. Prin evitarea unghiurilor de incidență mai mari decît 50°. La efectuarea măsurătorilor trebuie să se țină luxmetrul paralel cu suprafața pe care se măsoară iluminarea, dacă fluxul luminos vine din toate părțile sau pe cît posibil perpendicular pe raza incidentă dacă fluxul vine dintr-o parte.

2. Printr-o scală de corecție corespunzătoare. Iată după [1] factorii de corecție recomandați a fi utilizați în acest scop:

Unghiul incident (°)	Factor de corecție
30	0,87
40	0,77
50	0,64
60	0,50
70	0,34
80	0,17

2.5. *Fenomene de îmbătrînire.* Cu timpul sensibilitatea elementelor fotoelectrice variază. Cantitativ această variație se poate determina prin etalonări sau verificări periodice. Pentru obținerea unor rezultate exacte este necesar ca luxmetrul să fie controlat, pe cît posibil înainte și după fiecare măsurătoare executată în aer liber. O metodă simplă pentru efectuarea acestor verificări este următoarea [2]: Într-o cutie de tablă vopsită în alb pe dinăuntru (de ex. o cutie mare de biscuiți) și care simulează o sferă Ulbricht, se montează o lampă cu incandescență de 100 W al cărei consum se poate măsura cu o precizie de 10 mA. În cutie se face o deschizătură circulară care se acoperă cu o sticlă densă mată; aceasta se consideră suficient de densă cînd lampa care se află în spatele ei nu se mai poate distinge ca poziție. Într-o încăpere întunecoasă, de exemplu o pivniță, se face verificarea luxmetrului. Această verificare constă în aceea că se măsoară indicațiile luxmetrului cînd poziția celulei este perpendiculară pe direcția fluxului și la date normale de funcționare ale lămpii. Dacă la control indicațiile luxmetrului sînt aceleași în condiții identice, rezultă că acesta este bun. Dacă indicațiile variază cu mai mult de 2% este necesar ca elementul să fie dat spre reetalonare.

2.6. *Curbe de etalonare.* De obicei scara unui luxmetru este corectă numai pentru un domeniu de măsură. Lărgirea domeniului de măsură conduce la valori eronate și de aceea se dau în prospecte curbe de corecție pentru diferite scări.

3. Efectuarea practică a măsurătorilor

Pentru efectuarea corectă a măsurătorilor trebuie făcute o serie de operații pregătitoare ca și cîteva calcule pentru obținerea rezultatelor.

3.1. *Pregătirea măsurătorilor.*

a) Se pregătește un plan de situație cotat exact, pentru un domeniu cuprinzînd 3 — 4 spații (în direcția axului străzii); scara se alege de obicei 1 : 200.

b) Suprafața străzii se împarte astfel ca valorile iluminărilor maxime și minime să fie măsurate direct. Spațiul pe care se efectuează măsurătorile trebuie să cuprindă porțiunea carosabilă în întregime; ele se vor efectua într-un număr rezonabil de puncte. Este indicat ca distanța între punctele de măsură să fie într-un raport potrivit cu înălțimea de suspensie a sursei (de ex. h/2, h/3 sau h/4 etc.).

c) Se vor trece pe plan următoarele date:

— caracteristicile electrice ale corpului de iluminat, valoarea maximă a lămpii pe care o poate adăposti, valoarea și felul curentului, tensiunea, dacă corpul este protejat;

— caracteristicile electrice ale lămpii: putere, curent, tensiune, factor de putere cu condensator;

— caracteristicile străzii: circulația, lățimea părții carosabile, clădirile, felul plantațiilor de pe margine, culoarea și felul acoperămîntului, coeficientul de reflexie al acestuia.

Se vor mai nota: vechimea instalației și starea ei de curățenie.

d) Se va consemna într-un protocol ora la care s-a efectuat măsurătoarea, cine a efectuat-o și temperatura mediului.

e) Se va prevedea protecția personalului care efectuează măsurătorile sau se va opri circulația. Nu este indicat ca măsurătoarea să se efectueze la ora la care circulația este mai redusă

deoarece atunci se obțin valori mai mari ținînd seama că tensiunea e mai ridicată.

f) Se va măsura tensiunea chiar la bornele lămpii concomitent cu măsurarea tensiunii în rețea. Această măsurare dă indicații asupra căderilor de tensiune.

3.2. *Măsurarea iluminării orizontale.* Măsurarea iluminării direct pe acoperămîntul străzii este incomodă și necorectă datorită influenței iluminărilor verticale. Valoarea medie a iluminării orizontale la nivelul părții carosabile se poate obține din valoarea iluminării într-un plan paralel cu partea carosabilă, prin relația :

$$\frac{E_{m_1}}{E_{m_2}} = \frac{h_1}{h_2}$$

unde :

h_1 este distanța de la planul în care s-a efectuat măsurătoarea la sursa de lumină (m) ;

E_{m1} — valoarea medie a iluminării în planul în care s-a făcut măsurătoarea (lx.) ;

h_2 și E_{m2} — distanța de la sursa de lumină la partea carosabilă respectiv iluminarea medie a părții carosabile. (m și lx)

Această relație se poate folosi cu suficientă precizie dacă influența fluxului reflectat nu este prea mare și dacă raportul între distanța dintre 2 lămpi și înălțimea de suspensie este mai mare de 3 : 1.

Calculul iluminării medii se poate face astfel : se împarte suprafața de măsurat în pătrățele și se măsoară iluminarea și punctele de colț ale acestora. Valorile iluminărilor măsurate se introduc în expresia iluminării medii.

$$E_{med} = \frac{\sum_{k=1}^{4} E_{c_k} + 2 \sum_{k=1}^{n} E_{e_k} + 4 \sum_{k=1}^{n} E_{i_k}}{4 \cdot n}$$

unde

E_c — iluminarea măsurată în punctele de colț ale întregii suprafețe de măsură (lx) ;

E_e — iluminarea măsurată în punctele de intersecție ale laturilor exterioare cu laturile pătrățelelor cu excepția punctelor de colț (lx.) ;

E_i — iluminarea măsurată în punctele interioare (lx.) ;

n — numărul de pătrățele în care a fost împărțită strada.

Deducerea acestei formule se poate vedea ușor din fig. 2 — unde suprafața de măsură a fost împărțită în 9 pătrățele ($n = 9$). Măsurătorile s-au efectuat în 16 puncte. Pentru a folosi notațiile de mai sus trebuie arătat că în acest caz — E_c corespunde lui E_1, E_4, E_{13} și E_{16}, E_e lui E_2, E_3, E_8, E_9 , E_{12}, E_{14} și E_{15}, E_i lui E_6, E_7, E_{10}, și E_{11}. Fluxul luminos total care cade pe suprafața de măsură va fi :

$$\Phi = \frac{s}{4} \sum_{k=1}^{4} E_{c_k} + \frac{s}{2} \sum_{k=1}^{n} E_{e_k} + s \sum_{k=1}^{n} E_{i_k}$$

unde

s — suprafața unui pătrat (m^2)

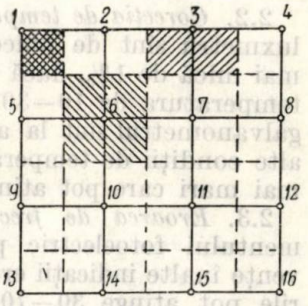


Fig. 2. Împărțirea în pătrățele a suprafeței de măsură pentru determinarea iluminării medii.

Știind că suprafața totală a porțiunii de stradă care se măsoară este $S = ns$, iluminarea medie va fi :

$$E_{med} = \frac{\Phi}{n \cdot S} \text{ (lx)}.$$

Pentru cazul concret din figura 2 iluminarea medie va fi :

$$E_{med} = \frac{(E_1 + E_4 + E_{13} + E_{16}) + 2(E_2 + E_3 + E_5 + E_8 + E_9 + E_{12} + \frac{E_{14} + E_{15}) + 4\,(E_6 + E_7 + E_{10} + E_{11})}{4 \times 9}}{4 \times 9} \text{ (lx)}$$

Pentru trotuare calculul iluminării medii se face în mod analog. Astfel împărțind o porțiune de trotuar în două pătrățele ($n = 2$) și notînd punctele de măsură cu 1 2 3
4 5 6
se obține iluminarea medie

$$E_{med} = \frac{E_2 + E_3 + E_4 + E_6 + 2\,(E_2 + E_5)}{8}$$

3.3. *Măsurarea iluminării verticale.* Se măsoară iluminarea într-un plan vertical la înălțimea de 1 m de la suprafața carosabilă. Se va căuta a se evita prin ecranare influența fluxului reflectat de stradă.

3.4. *Evitarea de erori datorită unor influențe exterioare.* Influențe exterioare dăunătoare se pot elimina prin : ecranarea surselor de lumină parazite, evitarea fluxului luminos reflectat de stradă sau provenind de la vitrine. Pe celula în poziție de măsură cade flux parazit dacă se vede pe ea imaginea în oglindă a sursei parazite. Influența sursei parazite trebuie anulată prin ecranare.

3.5. *Evitarea erorilor de unghi.* Pînă la un unghi de incidență de 45—50° celulele fotoelectrice funcționează destul de precis, erorile nedepășind

1%. Unghiuri incidente mai mari se lasă evitate prin :

— măsurarea iluminării orizontale pentru unghiuri pînă la 45° și calcularea iluminării orizontale reale pentru unghiuri mai mari din iluminarea verticală cu formula :

$$\frac{E_v}{E_h} = \operatorname{tg} \alpha = \frac{a}{h}$$

— măsurarea iluminării radiale și calcularea iluminării orizontale :

$$E_r \cos \alpha = E_h ; \; r \cos \alpha = h$$

unde :

E_r — iluminarea radială (lx) ;
E_v — iluminarea verticală (lx) ;
E_h — iluminarea orizontală (lx) ;
α — unghiul de incidență al razei luminoase, măsurat față de verticală pe planul de măsurat (°) ;
a — distanța de la punctul unde se face măsurătoarea pînă la proiecția sursei luminoase pe planul orizontal (m) ;
h — distanța dintre planul de măsură și corpul de iluminat (m).

Cu ajutorul iluminării medii și al iluminărilor maxime și minime se poate obține o apreciere a gradului de uniformitate al instalației calculînd și interpretînd rapoartele :

$$g_1 = \frac{E_{min}}{E_{med}} ; \quad g_2 = \frac{E_{med}}{E_{max}} .$$

4. Fotometre automate

Tehnica mondială cunoaște în prezent aparate complexe care determină automat curbele fotometrice ale corpurilor de iluminat, randamentele acestora, curbe de egală iluminare pentru diferite porțiuni de stradă și variate înălțimi de suspensie etc. [3, 4]. Un asemenea complex constă dintr-un fotometru și un calculator numeric corespunzător ; caracteristicile sale principale vor fi descrise pe scurt în continuare.

Instalația fiind complet automatizată datele măsurătorilor sînt înscrise pe cartele perforate. Aceste cartele sînt introduse în calculatorul numeric care conform programei stabilite comandă rotirea corpului de iluminat, al oglinzilor sistemului optic, etc. Din calculatorul numeric se obțin apoi într-un timp de ordinul minutelor datele arătate mai sus.

Construcția întregii instalații a durat cca. 3 ani. Greutatea ei totală este 7,5 t. La montarea ei s-au utilizat 2 km de conductori iar costul ei este ridicat.

Pentru prelucrarea datelor măsurătorilor se folosește un calculator numeric IBM tip 704. Memoria acestei mașini este de 4.096 cuvinte și urmează a fi mărită la 32.000. Mașina prelucrează 150 de cartele perforate pe minut. Prelucrarea tuturor datelor cerute pentru caracterizarea unui corp de iluminat, ale cărui caracteristici sînt sintetizate în circa 900 cifre și ocupă 150 cartele perforate se face într-un interval de 13 minute față de 30 de ore necesare înainte pentru efectuarea manuală (cu mașini de calcul de birou) ale acelorași operații.

Mașina calculează printr-o metodă iterativă 15 curbe de egală iluminare (curbe izolux) cu o precizie de $\pm 1\%$. În viitor se vor mai calcula și curbe de egală intensitate luminoasă (izocandele) ca și curbe de egală strălucire (izostilbi) pentru corpurile de iluminat ale căror date se prelucrează.

5. Măsurarea strălucirii

În ultimii ani, odată cu creșterea puternică a circulației s-a constatat că strălucirea elementelor șoselei ca și a corpurilor de iluminat are o importanță deosebită asupra unei percepții vizuale corecte a conducătorilor de vehicule în timpul nopții pe o șosea iluminată artificial.

Problema strălucirii este pe larg tratată în literatură, însă deoarece nu intră în sfera acestui articol se va arăta în continuare numai schema unui aparat simplu, permițînd măsurarea ei în condiții de exploatare [5, 6, 7, 9, 10].

Aparatul de construcție sovietică este pe larg descris în literatură [9]. Sistemul optic al aparatului este arătat în figura 3. El permite măsurarea unui flux luminos pînă la 10^{-9} lumeni.

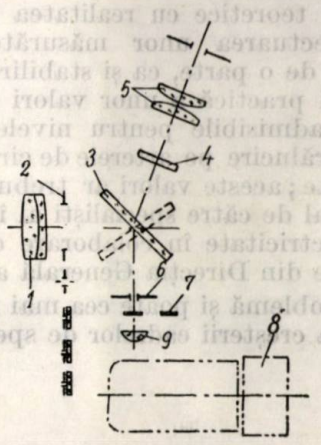


Fig. 3. Sistemul optic al aparatului pentru măsurarea strălucirii :
1 — obiectiv ; *2* — diafragmă ; *3* — oglindă rotitoare ; *4* — grătar ; *5* — ocular ; *6* — diafragmă calibrată ; *7* — filtru de lumină ; *8* — amplificator ; *9* — lentilă.

Schema electrică a aparatului pentru măsurarea strălucirii este alcătuită din elemente care se pot obține în mod curent. Aparatul este portabil și este format din două părți : partea de măsură are lungimea de 270 mm, lățimea de 120 mm și înălțimea de 170 mm, cîntărind 3,7 kg ; iar blocul de alimentare are gabaritele de 180 × × 200 × 250 mm și o greutate totală de 7 kg.

Aparatul poate fi folosit, în afară de măsurarea strălucirii, și pentru măsurarea unor iluminări mici de ordinul sutimilor de luxi, ca și pentru determinarea intensității luminoase a unor surse de lumină îndepărtate.

Pentru controlul periodic al exactității aparatului se folosește un etalon a cărui descriere este publicată în literatură [9].

6. Concluzii și propuneri

După cum se vede din cele arătate în acest articol efectuarea unor măsurători de iluminare corecte necesită o serie de măsuri tehnico-organizatorice care urmează să fie luate de întreprinderile în a căror exploatare sînt instalațiile de iluminat public. Astfel în primul rînd este necesar ca luxmetrele existente să fie etalonate pentru a se avea certitudinea că instrumentul lucrează corect. Pentru a se menține funcționarea aparatelor în limitele erorilor normale este indicat ca fiecare întreprindere de electricitate să-și execute în atelierele proprii un aparat de felul celui descris în cap. 2 par. 5 și să-l folosească înainte și după fiecare măsurătoare în aer liber.

Pentru realizarea de măsurători de strălucire este indicat să se înceapă fabricarea în țară (eventual de către IRME) a unui aparat destinat acestui scop, ca și efectuarea de studii teoretice în această problemă. Punerea în concordanță a rezultatelor teoretice cu realitatea practică ar impune efectuarea unor măsurători experimentale pe de o parte, ca și stabilirea atît teoretică cît și practică a unor valori optime sau maxime — admisibile pentru nivele de iluminare sau strălucire pe arterele de circulație — pe de altă parte; aceste valori ar trebui verificate experimental de către specialiști ai întreprinderilor de electricitate în colaborare cu serviciul de circulație din Direcția Generală a Miliției.

O altă problemă și poate cea mai importantă este aceea a creșterii cadrelor de specialitate în materie de iluminat exterior. Întreprinderile de electricitate trebuie să aibă cel puțin un inginer a cărui principală preocupare să fie studiul teoretic al problemelor de iluminat, stabilirea de soluții optime pentru diversele tipuri de instalații etc., ca și un mic laborator condus de asemenea de un inginer care pe lîngă problemele curente de întreținere să se ocupe și de activitatea de măsurători fotometrice.

Cele prezentate în acest articol nu sînt decît cîteva aspecte ale activității de măsurători de iluminare sau strălucire; odată cu începerea organizată a acestei activități vor apărea și alte probleme care vor conduce la soluții interesante.

Bibliografie

[1] * * * *Luxmetru* L.M.1 *prospect al întreprinderii Carl Zeiss Iena.*

[2] Kurzweil F.: *Probleme de măsurători în iluminatul străzilor.* În Licht u Beleuchtung 5 (1957) nr. 1 supliment la O.Z.E. *10* (1957) nr. 5.

[3] Horton G. A. și Zaphir P. A.: *Prelucrarea automată a datelor obținute în urma măsurătorilor fotometrice efectuate la corpurile de iluminat servind la iluminatul străzilor.* În Illuminating Engineering *53* (1958) nr. 6 (iunie) 341—349.

[4] Chazanov V. S.: *Folosirea fotometrelor automate și a calculatoarelor numerice pentru aprecierea calităților luminotehnice ale corpurilor de iluminat.* În Svetotehnica *5* (1958), nr. 11 (noiembrie) 27—29.

[5] Folker I.: *Comparație critică a unor instalații de iluminat public realizate.* În Lichttechnik (1960) nr. 1 (ianuarie) 17—22.

[6] Waldbauer N. M.: *Iluminatul fără strălucire al arterelor principale de circulație, o nouă tehnică a iluminatului.* În Ill. Eng. *53* (1958) nr. 9 (sept.) 494—495.

[7] De Boer J. B.: *Strălucirea străzii și lipsa de orbire ca unități practice de măsură pentru calitatea iluminatului public.* În Lichttechnik (1958) nr. 7 (iulie) 359—363.

[8] Pahl A. și Baumgarten K. S.: *Dispozitiv de măsurare și transcriere automată a curbelor fotometrice.* În Lichttechnik *10* (1959) nr. 6 (iunie) 334—335.

[9] Butilev A. A.: *Aparat portabil pentru măsurarea strălucirii.* În Svetotehnica *4* (1958) nr. 9 (sept.) 24.

[10] Kutev I. M.: *O nouă schemă pentru un aparat pentru măsurarea strălucirii.* În Svetotehnica *4* (1958), nr. 9 (sept.) 24.

Exploatarea centralei de termoficare din orașul Brno și problemele sale de combustibil

Alimentarea rețelei de termoficare urbană a orașului Brno, ca și asigurarea cu căldură a mai multor industrii textile și constructoare de mașini se fac în prezent din centrala de termoficare a orașului. Aceasta este amplasată în centrul orașului, într-un cartier cu o populație foarte deasă.

Centrala a fost construită în anul 1930 pentru alimentarea cu căldură a unor industrii textile din apropiere și a unor locuințe din jurul ei. În anii 1936—1938 centrala a fost extinsă, iar în anul 1959 a fost modernizată și extinsă pentru preluarea noilor consumatori de căldură.

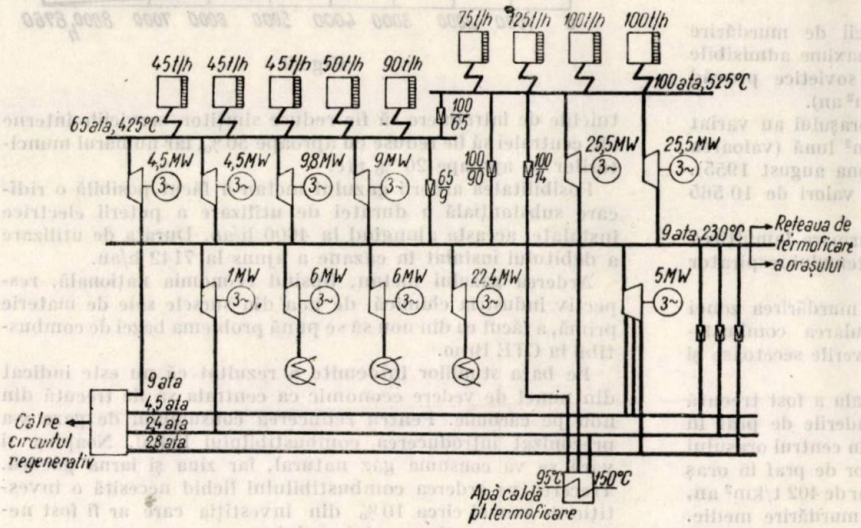


Fig. 1.

Partea veche a centralei a fost echipată cu patru cazane de abur pe praf de cărbune și grătar de cîte 45—50 t/h, 65 ata, 425°C, trei turbine cu contrapresiune (din care una de 9 MW și două de cîte 4,5 MW) și o turbină de condensație de joasă presiune de 6 MW.

Extinderea din anii 1936—1938 s-a realizat prin instalarea unui cazan de abur de 90 t/h la aceiași parametri și două turbine cu contrapresiune (din care una de 1 MW și una de 9,8 MW) și a unei turbine cu condensație de 6 MW, ajungîndu-se la o putere de 44 MW.

Durata de utilizare a puterii electrice instalate era de 2500 h/an, iar cea de utilizare a debitului de abur instalat în cazane era de 3500 h/an.

În această etapă centrala a fost prevăzută să funcționeze cu combustibil solid. Circa 80% forma cărbunele de regiune cu un conținut de apă de 2,5—3%, cenușă 15—20% și o putere calorifică de 6500—6700 kcal/k, iar restul de 20% îl forma cărbunele din regiunea Ostrava.

În timpul ocupației, centrala a trebuit să schimbe combustibilul și să folosească cărbune din Silezia inferioară.

După război, o dată cu extinderea centrului, s-a pus și problema modernizării acesteia prin trecerea la parametri superiori (100 ata, 500—525°C). Cazanele vechi de 65 ata au fost păstrate ca rezervă și pentru vîrf, iar grupurile vechi au fost prevăzute să fie alimentate prin reductor 100/65 ata. Date fiind dificultățile mari întrevăzute cu demontarea și folosirea spațiului liber din vechea sală a cazanelor, s-a renunțat la ideea demontării cazanelor vechi și s-a construit alături o nouă sală de cazane, în care s-au instalat unitățile noi. Grupurile noi au fost montate într-o extindere a vechii săli a mașinilor.

Partea nouă a centralei a fost echipată cu patru cazane de abur cu cărbune praf la parametrii de 100 ata, 525°C, din care două unități de cîte 100 t/h, o unitate de 125 t/h și o unitate de 75 t/h.

În sala mașinilor au fost montate două turbine cu contrapresiune de cîte 25,5 MW, alimentate cu abur de 90—99 ata, 500—525°C, o turbină cu condensație de 22,4 MW, alimentată cu abur de 8 ata, 220°C, și o turbină cu contrapresiune la 0,8 ata și prize reglabile la 3,5 și 4,4 ata de 5 MW (fig. 1). În prezent, după această extindere, CET Brno are o putere instalată de 119,2 MW.

Concepția tehnică a centralei prevede ca aburul de înaltă presiune de la cazane să treacă prin turbinele de contrapresiune și să se destindă de la 99, respectiv 61, ata pînă la 8—9 ata, 220°C. De la acest nivel de presiune sînt alimentate turbinele cu condensație de joasă presiune și consumatorii de abur din oraș.

Rețeaua de termoficare cu abur, cu o lungime totală de 28 km, este alimentată din bura centralei de 8—9 ata, 220°C. Rețeaua de termoficare cu apă caldă transportă apă de 120—170°C la circa 5 km. Apa caldă este preîncălzită în trei boilere ale centralei noi, alimentate cu abur de 1,4 ; 8 și 13 ata.

Pentru prepararea apei de alimentare a cazanelor noi a fost construită o stație de disilicare tip Kopeț. Din rezidurile acestei stații, care este cea mai mare din Republica Socialistă Cehoslovacă, se fabrică materia primă pentru o serie de industrii, ca : industria farmaceutică, de hîrtie și celuloză, de sticlărie, alimentară etc.

Consumul maxim orar de căldură al întregii rețele de termoficare a orașului Brno a fost echivalent în anul 1958 cu un consum de abur de 443 t/h. În fig. 2 se dau variațiile orare ale consumului total de căldură al rețelei de termoficare într-o zi de iarnă și de vară în anii 1942 și 1958, iar în fig. 3 curbele clasate pentru aceiași ani.

În anul 1956 consumul de combustibil al centralei a crescut de opt ori față de consumul din anul 1930, acoperirea făcîn-

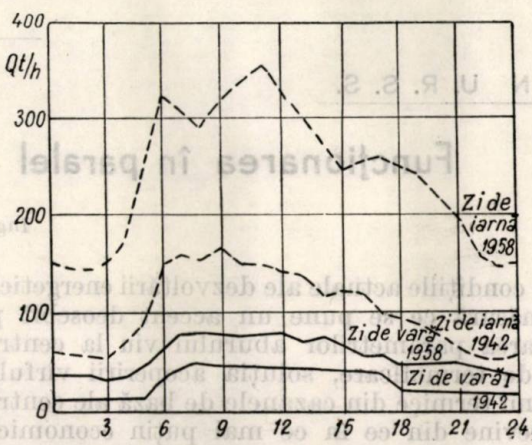


Fig. 2.

du-se astfel : circa 1/3 cu cărbune local, iar restul de 2/3 cu cărbune din Polonia și Ostrava cu puteri calorifice între 4300—6000 kcal/kg, conținut de apă de 2,5—15% și de steril

de 20—45%. Aceste sorturi diferite de cărbune au creat mari dificultăţi la arderea lui în focarele cazanelor.

Partea nouă a centralei a fost proiectată să funcţioneze pe cărbune de calitate superioară. Întrucît nu s-a putut asigura calitatea cărbunelui pentru care a fost proiectată instalaţia, s-au întîmpinat dificultăţi foarte mari atît la transportul cărbunelui, manevrarea lui, cît şi la reţinerea cenuşii zburătoare şi îndepărtarea zgurii.

Deoarece capacitatea căii ferate de acces a centralei nu a permis să se facă evacuarea zgurii, s-a recurs la transportarea ei în exteriorul oraşului cu autocamioanele. Centrala fiind amplasată în mijlocul oraşului, toate drumurile de acces la centrală conduceau prin oraş. Aceasta a făcut ca transportul zgurii şi cenuşii cu autocamioanele, cu toate măsurile de prevenire luate, să conducă la murdărirea excesivă a oraşului.

Pentru reţinerea cenuşii zburătoare au fost prevăzute electrofiltre, care însă, cu toate modificările aduse, n-au putut rezolva satisfăcător problema reţinerii cenuşii zburătoare (eficienţa filtrelor 92%).

Măsurătorile făcute au arătat că indicii de murdărire a aerului depăşeau de cîteva ori valorile maxime admisibile pentru cvartalurile de locuinţe (normele sovietice prevăd 100 t/km² an iar cele cehoslovace 150 t/km² an).

Căderile de praf în diferite cartiere ale oraşului au variat în anii 1954—1955 între 155 şi 812,7 t/km² lună (valoarea maximă de 812,7 t/km² a fost atinsă în luna august 1955). Aceste valori raportate la un an ne dau valori de 10 565 t/km² an.

Această murdărire a oraşului a avut ca urmare înmulţirea cazurilor de boli de gît, plămîni, boli ale sistemului respirator şi circulator, maladii alergice etc.

La aceste dificultăţi s-a mai adăugat şi murdărirea zonei învecinate centralei, rezultată prin manipularea combustibilului în depozitul centralei, în special în verile secetoase şi vîntoase.

Pentru eliminarea acestor greutăţi, centrala a fost trecută în 1957 să ardă gaze naturale. Imediat căderile de praf în oraş au scăzut în 1958 faţă de 1956 cu 65% în centrul oraşului şi 50% la periferie, media anuală a căderilor de praf în oraş rezultînd şi de la celelalte industrii, fiind doar de 402 t/km² an, ceea ce situează oraşul între oraşele cu o murdărire medie.

Gazul natural cu o putere calorifică de 8 000 kcal/km³ este adus prin conducte de presiune de 25—30 ata pînă la periferia oraşului Brno. Aici este destins pînă la presiunea de 5 ata. Alimentarea centralei se face la 5 ata, iar presiunea gazului la arzătoarele focarelor este circa 0,5 ata.

Pentru a se putea face arderea gazului natural în cazane, a fost necesar să se transforme focarele astfel ca să se poată arde simultan gaz natural şi cărbune. În transformarea focarelor s-a folosit experienţa centralelor termoelectrice sovietice şi romîneşti. Un singur cazan din centrala nouă a fost transformat pentru arderea exclusivă a gazului natural, restul putînd arde combinat gaz natural şi cărbune. Montarea arzătoarelor combinate a îmbunătăţit procesul de ardere şi a asigurat posibilitatea ca în caz de avarie pe partea de gaze să se poată trece imediat la arderea cărbunelui.

Trecerea centralei pe gaze a produs o creştere a randamentului mediu al cazanelor de la 83% la 90%. Introducerea gazului a permis ca arderea să fie comandată automat, chel-

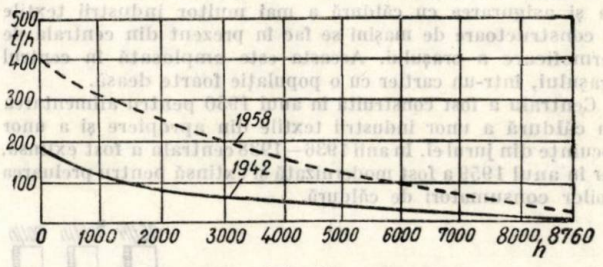


Fig. 3.

tuielile de întreţinere să fie reduse simţitor, serviciile interne ale centralei să fie reduse cu aproape 50%, iar numărul muncitorilor cu aproape 20% etc.

Posibilitatea arderii gazului metan a făcut posibilă o ridicare substanţială a duratei de utilizare a puterii electrice instalate, aceasta ajungînd la 4600 h/an. Durata de utilizare a debitului instalat în cazane a ajuns la 7142 h/an.

Arderea gazului metan, lipsind economia naţională, respectiv industria chimică, de una din sursele sale de materie primă, a făcut ca din nou să se pună problema bazei de combustibil la CTE Brno.

Pe baza studiilor întocmite a rezultat că nu este indicat din punct de vedere economic ca centrala să fie trecută din nou pe cărbune. Pentru reducerea consumului de gaze s-a preconizat introducerea combustibilului lichid. Noaptea şi vara se va consuma gaz natural, iar ziua şi iarna păcură. Trecerea pe arderea combustibilului lichid necesită o investiţie de numai circa 10% din investiţia care ar fi fost necesară pentru arderea cărbunelui.

Pentru perspectivă, se prevede să se dezvolte centrala şi să i se accentueze caracterul de termoficare prin construirea în anul viitor, lîngă centrală, a unor industrii care să consume căldură întregul an, ca de exemplu industria textilă, alimentară etc.

Ing. **Wlezek C.**

După articolul *„Provoz brneuské Teplarny a jeji palivova zàkladnä de firii Brauner"* din revista *Energetika* (C.S.R.), nr. 2 (1960), pag. 63—68.

DIN U. R. S. S.

Funcţionarea în paralel a CET şi a cazanelor de vîrf

Ing. *GH. COLT*

În condiţiile actuale ale dezvoltării energeticii, pe măsură ce se pune un accent deosebit pe ridicarea parametrilor aburului viu la centralele de termoficare, soluţia acoperirii vîrfului sarcinii termice din cazanele de bază ale centralei devine din ce în ce mai puţin economică.

În ultimii ani, a început să fie discutată foarte pe larg şi aplicată în cîteva cazuri în U.R.S.S. soluţia de acoperire a vîrfului sarcinii termice la instalaţiile de termoficare cu cazane de vîrf.

Din calculele tehnico-economice a rezultat că cele mai economice soluţii de cazane de vîrf, în funcţie de instalaţia energetică în ansamblul unde se folosesc acestea, sînt cele de joasă presiune (care să asigure nivelul temperaturii cerute de consumator), de apă sau abur, de debit între 20 şi 100 Gcal/h şi care să funcţioneze cu păcură. Folosirea altor combustibili ca regulă este limitată; cazanele de vîrf concepute a funcţiona cu cărbune sînt mult mai costisitoare şi necesită mai mult timp la pornire,

iar folosirea gazelor naturale este limitată de faptul că în perioadele de frig, cînd de regulă funcționează cazanele de vîrf, conductele de gaze sînt solicitate la maxim și nu fac față cerințelor cazanelor de vîrf.

Economia de investiții care se obține la o CET unde se instalează cazane de vîrf cu apă și care funcționează cu păcură este de 10—15%.

În afară de economia de investiții la CET, construirea de cazane de vîrf mai are și alte avantaje :

1. În noile cvartale de locuințe pînă va putea fi construită și pusă în funcțiune CET se va construi CT raională cu 1 sau 2 cazane de vîrf, care ulterior vor fi folosite în calitate de cazane de vîrf raionale.

Astfel, la punerea CET în funcțiune se poate racorda imediat o sarcină termică pregătită, lucru care asigură funcționarea în condiții optime a turbinelor de termoficare din prima perioadă de exploatare.

2. Din punct de vedere al investiției, în sala cazanelor la CET, prin construirea de CT cu cazane de vîrf înainte de apariția CET, se obține o eșalonare mai economică a acestora în timp.

3. Prin construirea de cazane de vîrf la CET sau CT devine mai elastică echilibrarea sarcinii termice la sursă și consumator în dezvoltarea acestora.

În discuție și la nivel încă de cercetare tehnico-economică se află problema locului unde să fie instalate aceste cazane de vîrf.

La consfătuirea specialiștilor în domeniul termoficării, care a avut loc la Moscova la data de 28 mai 1960, organizată de TEP U.R.S.S., s-a analizat printre altele și problema amintită mai sus.

Atît din punctul de vedere al investițiilor cît și al exploatării, locul cel mai potrivit pentru amplasarea cazanelor de vîrf este la centrala de termoficare. Cazanele de termoficare amplasate la CET necesită investiții minime și pot fi exploatate în condiții optime.

Amplasarea la CET a cazanelor de vîrf însă este posibilă numai atunci cînd aceasta se construiește înainte de a apare consumatorii.

În cazul dezvoltării marilor orașe, unde apar în cîțiva ani masive de locuințe și alți consumatori, sau chiar în cazul întreprinderilor industriale, unde necesitatea de consum de căldură apare treptat, îndeosebi în prima perioadă nu se poate obține o concordanță economică între puterea inițială a centralei și necesitatea de căldură livrată consumatorilor.

O dată cu apariția unor mari cazane de vîrf, care pot funcționa și în calitate de cazane de bază pentru încălzire, pentru un timp limitat devine posibilă mărirea economicității turbinelor de termoficare în prima perioadă de exploatare. Cum se procedează ? La construirea unui consumator sau a unor grupe de consumatori de căldură se construiește o CT locală, cu cazanele amintite. Acestea în prima perioadă acoperă întreg graficul de căldură. Ulterior, la construirea CET vor acoperi numai vîrful sarcinii termice. CET se construiește numai după ce există consumatorii de căldură necesari unei funcționări economice a turbinelor de termoficare.

Problema care se pune în asemenea cazuri este mărimea CT locale, respectiv cît de mare urmează să fie CT față de sarcina totală a raionului termic.

Docentul Golubkov Boris Mihailovici a analizat, în expunerea sa, procentul optim pînă la care se poate amplasa sursa de căldură la consumator. Din calcule tehnico-economice efectuate la mai multe variante a rezultat că pînă la cca 50% *din debitul de căldură de vîrf* al raionului termic poate fi amplasat la consumator sub formă de CT locală. După depășirea procentului amintit apare absolut necesar să se construiască CET.

Profesorul Socolov Efim Iacovlevici, doctor în științe tehnice, a analizat schemele de racord și, legat de acestea, deosebirile de proiectare și exploatare ale CET cu cazane de vîrf amplasate la CET sau la CT la consumator. În calculele tehnice, în cazul amplasării unei sarcini termice oarecare, la consumator intervin în loc de coeficientul obișnuit de termoficare ($\alpha = Q_{priza}/Q_{total}$) alți doi coeficienți de termoficare și anume : coeficientul de termoficare al raionului termic.

$$\alpha_R = Q_{priză}/Q_{total}$$

și coef. de termoficare al CET

$$\alpha_{CET} = Q_{priză}/Q_{CET},$$

unde

Q_{CET} — sarcina termică asigurată de la CET

$Q_{CET} = Q_{total} - Q_{CT.Raion} = Q_{priză} + Q_{caz.\ vîrf}$ CET

iar: $Q_{total} = Q_{priză} + Q_{CT.Raion} + Q_{caz.\ vîrf}$ CET.

Centrala termică locală cu cazanele de vîrf poate fi amplasată fie la unul dintre cei mai mari consumatori fie pe ramificații mai importante.

Consumatorii situați după CT, în direcția circulației apei de rețea în conducta de dus vor avea un regim autonom de funcționare, iar cei situați între CET și CT raională vor avea regim neautonom.

În ce privește sistemul de reglare a instalațiilor de termoficare cu sursa de căldură pentru vîrf situată parțial la consumator, sînt posibile și recomandate două sisteme și anume : calitativ și calitativ-cantitativ.

Ultimul sistem este de preferat din punct de vedere economic, însă necesită instalații complet automate, de care în prezent nu se dispune în măsură suficientă.

În condițiile expuse mai sus se schimbă și coeficientul optim de termoficare, care pînă în prezent era considerat de 0,5. Acesta are tendință de creștere, pentru anumite cazuri, chiar pînă la 0,675.

Academicianul A. F. Ioffe

La 14 octombrie 1960 a murit subit bineeunoscutul fizician sovietic academicianul A. F. Ioffe. **Prin moartea acestuia Uniunea Sovietică a pierdut un savant eminent care a îmbogăţit ştiinţa cu opere de o excepţională importanţă şi care a jucat un rol hotărîtor în organizarea în U.R.S.S. a cercetărilor fizice, a reţelei de instituţii de cercetări ştiinţifice, în ridicarea unei pleiade întregi de fizicieni sovietici excepţionali.**

A. F. Ioffe s-a născut în anul 1880 în Ucraina, în oraşul Cromnîi. După terminarea institutului tehnologic din Petersburg în anul 1902, A. F. Ioffe şi-a început activitatea ştiinţifică în laboratorul celebrului fizician german Roentgen.

Înapoindu-se în anul 1906 în Rusia, el a început să lucreze la Institutul Politehnic din Petersburg, la început în calitate de laborant, din anul 1913—ca profesor de fizică.

Încă în perioada de instaurare a Puterii Sovietice A. F. Ioffe s-a situat cu hotărîre de partea revoluţiei şi a prevăzut noile perspective ale dezvoltării ştiinţei în noua Rusie.

Din iniţiativa lui, încă în cursul lunii octombrie 1918 a fost organizată secţia fizico-tehnică a Institutului Roentgen, reorganizată curînd în Institutul de fizică tehnică din Leningrad.

Acordînd o importanţă deosebită pregătirii cadrelor de fizicieni de tip nou, capabili să dezvolte nu numai ştiinţa dar şi noile ramuri ale tehnicii, în anul 1919 A. F. Ioffe a condus facultatea de fizică mecanică în cadrul Institutului Politehnic din Leningrad, creată din iniţiativa sa. În anii următori, Institutul de fizică tehnică şi Facultatea de fizică mecanică au constituit o bază pentru crearea unei reţele ramificate de institute fizice şi o sursă de cadre de oameni de ştiinţă.

Una dintre caracteristicile specifice ale lui A. F. Ioffe era însuşirea de a prevedea viitorul îndepărtat al ştiinţei şi tehnicii. Numeroase domenii ştiinţifice în fizică au fost abordate de el cu mult înainte de momentul în care importanţa lor a devenit recunoscută de cercurile largi ale oamenilor de ştiinţă. În această privinţă este suficient să menţionăm astfel de domenii ale ştiinţei cum sînt fizica rezistenţei, fizica dielectricilor, aplicarea fizicii în agricultură. A. F. Ioffe a fost primul care a înţeles posibilitatea realizării tehnice a radiolocaţiei şi a desfăşurat cu succes o serie de lucrări în acest sens în anii antebelici în cadrul Institutului de fizică tehnică.

Un merit deosebit al lui A. F. Ioffe constă în aportul considerabil în domeniul creării fizicii şi tehnicii semiconductoarelor. El a fost unul dintre primii care a indicat orientarea principală a aplicării semiconductoarelor în tehnică. În cursul ultimului deceniu A. F. Ioffe a expus o serie de idei cardinale cu privire la utilizarea semiconductoarelor în energetică. A. F. Ioffe este autorul unui număr de peste 150 lucrări ştiinţifice originale şi al unui mare număr de monografii şi manuale traduse în multe limbi şi care au intrat în fondul de aur al ştiinţei.

Meritele ştiinţifice ale lui A. F. Ioffe au fost recunoscute pe plan mondial prin alegerea lui ca membru al academiilor şi asociaţiilor ştiinţifice din numeroase ţări. În anul 1920, A. F. Ioffe a fost ales membru al Academiei de Ştiinţe a U.R.S.S. În calitate de vicepreşedinte al Academiei de Ştiinţe a U.R.S.S. şi membru al prezidiului, el a exercitat o influenţă considerabilă asupra activităţii Academiei. Guvernul Sovietic a apreciat meritele remarcabile ale lui A. F. Ioffe în dezvoltarea ştiinţei prin acordarea unor înalte distincţii. În anul 1955 i-a fost acordat titlul de „Erou al muncii socialiste".

A. F. Ioffe era un om excepţional, optimist şi plin de viaţă. El se bucura de o dragoste fierbinte şi recunoştinţă din partea elevilor şi a colaboratorilor săi şi de simpatia celor care l-au cunoscut personal. Datorită numeroaselor conferinţe ţinute în legătură cu problemele actuale ale dezvoltării ştiinţei şi tehnicii sovietice, A. F. Ioffe se bucura de o mare popularitate în cercurile largi ale poporului sovietic.

A. F. Ioffe, savant şi comunist, patriot şi cetăţean al patriei sale, nu şi-a încetat activitatea ştiinţifică şi socială pînă în ultimele minute ale vieţii sale minunate. Încă în cursul acestui an, el a luat cuvîntul la plenara C. C. al P.C.U.S., a făcut o serie de propuneri legate de dezvoltarea ştiinţei şi tehnicii sovietice. Moartea lui A. F. Ioffe este o grea pierdere pentru ştiinţă. Oamenii sovietici vor păstra în inimile lor memoria chipului luminos al savantului patriot.

Acad. A. F. Ioffe promotor al fizicii termoelementelor semiconductoare

Printre marile calităţi ale acad. A. F. Ioffe era şi aceea de a prevedea, cu mulţi ani înainte, dezvoltarea şi progresul unor ramuri noi ale fizicii. Una dintre cele mai importante este fizica termoelementelor cu semiconductori, în general, şi cu semiconductori gazoşi, în special.

În 1929, acad. A. F. Ioffe a arătat avantajele generatorului electric cu semiconductori, apreciind că randamentul unui astfel de aparat ar putea ajunge la 3%, „cu perspective de creştere apreciabilă, foarte probabilă".

Evoluţia creşterii randamentului în timp de 31 de ani a fost următoarea:

În 1929 randamentul era de 0,1%.

După 11 ani, adică în 1940, unul din colaboratorii lui Ioffe, şi anume fizicianul Maslakoveţ a comunicat realizarea unui termoelement din sulfură de plumb (cu exces de plumb) şi sulf, care dădea un randament de circa 3%.

După anul 1940 cercetările asupra termoelementelor au încetinit pentru mulţi ani din cauza războiului.

În 1954 activitatea ştiinţifică în materie de termoelemente a fost puternic stimulată, graţie următoarelor realizări:

a) **un randament mare (de 10%) obţinut cu celulele fotoelectrice semiconductoare;**

b) **realizarea „bateriei atomice" cu semiconductori.**

Astfel, atenţia fizicienilor a fost din nou atrasă asupra marilor posibilităţi ale semiconductorilor, în materie energetică.

În 1956 acad. A. F. Ioffe publică lucrarea sa *„Termoelemente cu semiconductori"*.

În prefaţa acestei lucrări, face un apel stăruitor către cercetătorii sovietici, arătînd următoarele:

„În U.R.S.S., deşi se desfăşoară o muncă de cercetare în problemele termoelectricităţii şi deşi sînt elaborate şi date în producţie generatoare termoelectrice (folosind căldura produsă de o lampă cu petrol, pentru alimentarea aparatelor de radiorecepţie), totuşi proporţiile acestor munci nu corespund importanţei problemei.

A sosit timpul de a scoate termoelementele din preocuparea numai în cadrul strîmt a două, trei laboratoare.

În această direcţie trebuie îndreptate eforturile unite ale fizicienilor, chimiştilor, termotehnicienilor, electricienilor

și atrasă, chiar în stadiul actual, activitatea uzinelor unionale de frunte.

Dar, pentru aceasta trebuie în primul rînd larg răspîndite cunoștințele principale dobîndite deja asupra termoelementelor cu semiconductori".

În urma acestui apel, cercetările asupra termoelementelor s-au extins în U.R.S.S., căci în fiecare an tot mai numeroși sînt cercetătorii, inginerii și tehnicienii din Moscova, Leningrad, Kiev, Vilnius, Harkov, Erevan și din alte orașe, care se ocupă de fizica termoelementelor cu semiconductori.

În aceeași prefață a lucrării sale: „Termoelemente cu semiconductori" (1956), acad. Ioffe adăuga următoarele:

„Termoelementele semiconductoare cu un randament de 8% ar însemna o revoluție totală în domeniul energiei mici, prin folosirea termoelementelor semiconductoare în uzine electrice cu puteri de circa 100 kW („microcentrale")".

La 3 martie 1959, după ce arăta că randamentul atins de cercetătorii sovietici era de 7 — 8%, acad. Ioffe a putut anunța prin ziarul „Pravda" (și printr-un comunicat al agenției Tass) următoarele:

„În anii șaptelea lui, care a început, marea energetică va fi completată prin mica energetică, unde electricitatea va fi obținută fără mijlocirea mașinilor, ceea ce va permite introducerea pe scară largă a electricității în viața cotidiană".

La 14 iulie 1960, după terminarea lucrărilor plenarei C.C. al P.C.U.S., agenția Tass a comunicat următoarele:

„Acad. A. Ioffe, directorul Inst. de semiconductori al Academiei de Științe a U.R.S.S., care a luat apoi cuvîntul a analizat lucrările oamenilor de știință sovietici pe linia transformării energiei calorice în energie electrică prin mijlocirea semiconductorilor".

„Acad. Ioffe a anunțat că oamenii de știință sovietici au realizat termoelemente care permit să se obțină energie electrică prin diferența de temperaturi, cu un randament de 8—15%.

Randamentul de 15%, anunțat de către acad. Ioffe, este de două ori mai mare decît acel necesar pentru construirea de «microcentrale» cu semiconductori".

Din cele expuse rezultă că randamentul (η %) termoelementelor cu semiconductori a crescut în ultimii 30 de ani conform curbei din fig. 1.

Se observă în special marele salt făcut în ultimul an, pînă la 14 iulie 1960, cînd creșterea randamentului a fost tot atît de mare cît aceea din ultimii 30 de ani, ceea ce înseamnă că cercetările sînt pe cale bună.

Teoretic, randamentul termoelementelor cu semiconductori este cu mult mai mare decît cel realizat pînă azi.

Astfel, făcînd în formula randamentului maxim al termoelementelor (gazeta Matematică și Fizică seria A, nr. 8 august 1960):

$$\eta\% = 50\,\frac{T_1 - T_0}{T_1 - \left(\frac{T_1 - T_0}{2}\right)},$$

pe $T_1 = 1\,200\ ^\circ K$ și

$$T_0 = 300\ ^\circ K$$

se obține:

$$\eta = 60\%$$

În ceea ce privește pe T_0, acesta cu greu ar putea fi făcut mai mic (și atunci numai cu 5—6°) în schimb T, mai poate fi mărit cu cîteva sute de grade, cînd randamentul ar fi mai mare decît 60%.

Mersul lucrărilor în stadiul actual asupra termoelementelor semiconductoare arată deci posibilitatea de a se obține în mod practic un randament egal sau mai mare de 60%.

De aceea Ioffe a fost îndreptățit ca să anunțe la 27 februarie 1960, la Academia de Științe a U.R.S.S., că în curînd randamentul termoelementelor semiconductoare va fi de 60%.

Randamentul de 60%, atunci cînd se va realiza, va fi mai mare decît dublul randamentului uzinelor electrice moderne actuale.

Instalarea de centrale cu termoelemente semiconductoare, cu un astfel de randament, este echivalentă cu o dublare a energiei potențiale a izvoarelor de energie naturală; este ca și cînd cărbunii și lignitul folosiți în uzinele electrice ar fi, acolo în pămînt, într-o cantitate de două ori mai mare, iar

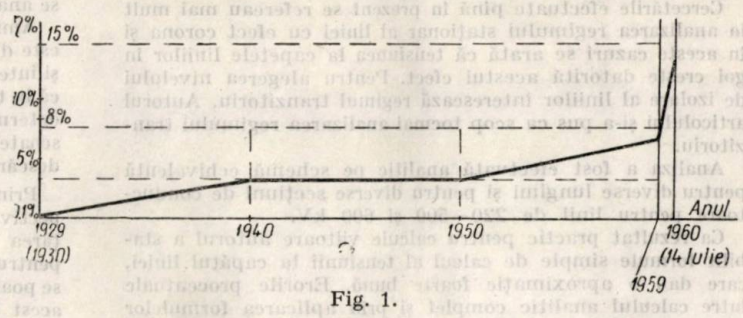


Fig. 1.

cantitățile de țiței și de gaz metan folosite în scopuri energetice ar fi și ele în cantitate tot de două ori mai mare.

Randamentul de 60% mai înseamnă că o anumită uzină termoelectrică ar consuma jumătate din combustibilul de azi dacă ar funcționa cu semiconductori.

Randamentul ridicat al termoelementelor va pune în mod natural și problema randamentului uzinelor atomice, care va fi și el mărit prin folosirea semiconductorilor în reactorul nuclear.

De altfel, cu ajutorul semiconductorilor, orice sursă de căldură poate deveni o uzină electrică. Astfel coșul unei fabrici în funcțiune va putea produce curent electric continuu, a cărui tensiune va depinde de numărul de elemente puse în serie și formînd o baterie, iar intensitatea va depinde de numărul de baterii legate în paralel.

Interesantă din punct de vedere practic va fi de asemenea aplicarea termoelementelor semiconductoare la producerea unui real confort în locuințe, care vor fi încălzite la temperatură constantă.

Relativ la această chestiune acad. A. Ioffe scria în februarie 1959 următoarele:

„Generatoarele termoelectrice cu semiconductori vor înlocui în curînd încălzirea centrală, asigurînd și aer cald și aer rece, respectiv în timpul iernii și în timpul verii, menținînd în mod automat căldura în locuințe la o temperatură constantă".

De aceste frumoase realizări tehnice viitoare va fi legat pentru totdeauna numele promotorului lor, al acad. A. Ioffe, „întemeietorul marii școli a fizicienilor sovietici", „părintele fizicii semiconductorilor", erou al muncii socialiste, activist de frunte pe tărîm social.

Acad. A. Ioffe a fost nu numai un savant respectat și cu renume mondial, dar a fost și un animator al cercetătorilor în domeniul semiconductorilor în general și al termoelementelor semiconductoare, în special.

Acad. A. Ioffe va rămîne pentru generațiile viitoare, de pretutindeni, un exemplu măreț de activitate rodnică și de prim rang, pusă în serviciul progresului și fericirii omenirii

Prof. univ. C. Stăncescu

Electroenergetică

Despre calculul influenţei fenomenului corona asupra supratensiunilor în regiunile tranzitorii de funcţionare a liniilor Alexandrov G.N. *Electricestvo* nr. 5 (1960), pag. 6—13, 5 fig. 3 tabele, 9 indicaţii bibliografice.

În legătură cu tendinţa actuală de micşorare a nivelului de izolare a liniilor electrice aeriene o importanţă covîrşitoare o au supratensiunile care pot să apară pe linii.

Autorul analizează amănunţit influenţa efectului corona asupra supratensiunilor care apar la deconectarea liniilor lungi. Concluziile analizei ne îndreptăţesc să afirmăm că fenomenul corona micşorează supratensiunile interne.

Cercetările efectuate pînă în prezent se refereau mai mult la analizarea regimului staţionar al liniei cu efect corona şi în aceste cazuri se arată că tensiunea la capetele liniilor în gol creşte datorită acestui efect. Pentru alegerea nivelului de izolare al liniilor interesează regimul tranzitoriu. Autorul articolului şi-a pus ca scop tocmai analizarea regimului tranzitoriu.

Analiza a fost efectuată analitic pe schemă echivalentă pentru diverse lungimi şi pentru diverse secţiuni de conductoare pentru linii de 220—500 şi 600 kV.

Ca rezultat practic pentru calcule viitoare autorul a stabilit formule simple de calcul al tensiunii la capătul liniei, care dau o aproximaţie foarte bună. Erorile procentuale între calculul analitic complet şi prin aplicarea formulelor găsite sînt de 0,6—0,7%.

Rezultatele obţinute sînt concentrate într-un tabel centralizator al valorilor relative de scădere a tensiunii datorită efectului corona.

Se constată că tensiunea scade cu atît mai mult cu cît tensiunea este mai îndepărtată de tensiunea critică corona, cu cît raza conductorului este mai mică şi cu cît frecvenţa echivalentă a regimului tranzitoriu este mai mică.

Problema analizată de autor pe cale analitică trebuie verificată pe cale experimentală pentru a putea trece la măsuri practice cu privire la micşorarea nivelului de izolare a liniilor lungi. *d.m.*

Caracteristicile electrice ale lanţurilor lungi de izolatoare pentru liniile de 500 kV şi mai mult. Tihodeev, N. N. Tuşnov. A. N. *Electricestvo* (1960) nr. 7 pag. 56, fig. 9, tabl. 2, ref. bibliograf. 11, formule, 3.

Cunoaşterea cît mai precisă a caracteristicilor electrice ale lanţurilor de izolatoare este necesară pentru proiectarea raţională a liniilor de tensiuni foarte înalte.

Experienţele efectuate pentru determinarea caracteristicilor electrice ale lanţurilor de izolatoare pentru liniile de 220 şi 330 kV s-au dovedit insuficiente; de aceea, adoptînd aceeaşi metodologie de măsurare, dar reproducînd fidel construcţia existentă în exploatare, s-au efectuat încercări în aer liber variind diferite elemente (numărul elementelor, armăturile de protecţie, lungimea zalei de prindere, distanţa faţă de stîlp). Ca urmare a prelucrării datelor experimentale au rezultat o serie de concluzii:

1) la lanţurile fără armături de protecţie descărcarea se produce de-a lungul izolatoarelor (în partea dinspre conductor);

2) la lanţurile cu armături de protecţie pe liniile de 400 kV descărcarea se produce între armătură şi stîlp;

3) prezenţa armăturilor de protecţie (indiferent de tipul lor) măreşte cu 10% tensiunea;

4) valoarea tensiunii de descărcare creşte cu mărirea raportului între lungimea zalei de suspendare faţă de lungimea izolatorului şi cu raportul distanţei la piciorul stîlpului faţă de lungimea lanţului;

5) tensiunea de contunare variază cu lungimea lanţului, fără a depinde de tipul izolatorului;

6) datorită faptului că tensiunea de contunare sub ploaie variază linear cu lungimea, iar cea corespunzătoare stării uscate variază pătratic cu aceasta, pentru tensiuni de 500 kV şi mai sus apare necesar să se ia în consideraţie — pentru stabilirea nivelului de izolaţie — tensiunea de contunare în stare uscată etc.

Examinarea atentă a rezultatelor a condus de asemenea la concluzia practică că se poate reduce lungimea lanţului de izolatoare la liniile de 500 kV (schimbînd tipul izolatoarelor adică întrebuinţînd izolatoare de gabarit redus), ceea ce conduce la economii importante, în aceleaşi condiţii tehnice de exploatare. *p.b.*

Protecţia contra supratensiunilor interne. Akoguc. M. M. *Izvestia vîşih uciebnih zavedenii — Energhetica* (1960) nr. 5, pag. 1—14, 2 formule, 1 tab., 12 ref. bibl.

În articol se analizează posibilitatea reducerii nivelului de izolaţie pentru liniile de înaltă şi foarte înaltă tensiune; se analizează în deosebi cazul liniei de 500 kV.

Amintind că nivelul de izolaţie la liniile de 110—220 kV este determinat de comportarea la supratensiuni atmosferice şi interne a descărcătoarelor, autorul scoate în evidenţă faptul că la tensiuni mai mari (330 şi 500 kV) nivelul de izolaţie este determinat în primul rînd de supratensiunile interne. Se scoate astfel în evidenţă necesitatea examinării comportării descărcătoarelor la supratensiuni interne.

Prin îmbunătăţirea construcţiei descărcătoarelor, respectiv prin reducerea intervalului de descărcare, întrebuinţarea rezistenţelor cu diferite caracteristici voltamperice pentru şuntarea intervalelor de descărcare a descărcătoarelor, se poate obţine micşorarea tensiunii de funcţionare a acestora; acest lucru are ca efect posibilitatea reducerii nivelului de izolaţie al instalaţiilor de înaltă tensiune.

Reducerea pe de altă parte a supratensiunilor interne — pentru reducerea numărului de cazuri în care descărcătorul funcţionează—este posibilă prin instalarea de rezistenţe mari în paralel cu camerele de stingere a întreruptoarelor; acestea permit reducerea esenţială a supratensiunilor care apar la declanşarea liniilor în gol.

Merită de asemenea atenţie analizarea posibilităţii de reducere a costului instalaţiei de protecţie prin utilizarea eclatoarelor tije cu caracteristici tensiune — timp corespunzătoare. Articolul se încheie cu o analiză a formei izolatoarelor utilizate şi a problemelor care se ridică privind posibilitatea reducerii nivelului de izolaţie; se propune în acest sens să se analizeze comportarea la tensiunea de exploatare a izolatoarelor supuse murdăririi, nivelul de izolaţie putîndu-se alege în ultimă instanţă funcţie de aceste considerente.

Lucrarea prezintă importanţă pentru proiectarea liniilor de înaltă şi foarte înaltă tensiune. *p.b.*

Dimensionarea tehnico-economică a instalaţiilor de transformare pentru reţele industriale întinse de înaltă tensiune. Kloeppe, F.W. şi Wuttke, E.: *Energietechn., R. D. Germană*, **10** (1960) nr. 1 (ian.) 13—19, 5 fig., 5 tab., 6 ref. bibl.

Instalaţiile de transformare trebuie să fie astfel dimensionate încît să se obţină o sarcină optimă care să ducă la cheltuieli anuale cît mai mici. Pe baza studiului amănunţit al componentelor acestor cheltuieli au fost deduse ecuaţiile cheltuielilor totale anuale specifice (pe MVA şi transformator) şi ale gradului optim de încărcare. Cu ajutorul acestor ecuaţii au fost construite diagrame care exprimă variaţia gradului optim de încărcare pentru diferite trepte de înaltă tensiune şi pentru diferite preţuri de cost ale energiei, în funcţie de mărimea transformatorului sau de durata anuală de utilizare. Din analiza diagramelor rezultă că pentru orice transformator există un grad optim de încărcare (în procente din puterea nominală) de care trebuie să se ţină seama atît la proiectare, cît şi în exploatare, fiind posibil să se reducă în mare măsură pierderile de energie. Calculele cheltuielilor optime pe baza metodei indicate sînt deosebit de importante şi pentru instalaţiile de transformare existente, în special pentru cele din reţelele industriale, deoarece prin micşorarea pierderilor de transport rezultă mari avantaje pentru economia naţională. *a.c.*

Proiectarea economică a liniilor de transport de 6 — 10 kV pentru electrificări rurale. Corşunov A.P. şi Soluţev V.M. *Electriceschie Stanţii*, anul **31** (1960) nr. 4, pag. 71—76.

Legat de dezvoltarea mare a reţelelor de electrificări rurale, redacţia revistei supune discuţiei propunerea autorilor de dimensionare a reţelelor de 6—10 kV.

Spre deosebire de practica generală de dimensionare a reţelelor la consum minim de metal, autorii recomandă o metodă de dimensionare la minim de investiţii.

Analizînd costul liniilor electrice pe articole, autorii arată că de fapt costul conductoarelor reprezintă numai 6—28% din costul liniei.

În prezent se folosesc foarte multe mărci de conductoare, dintre care unele secţiuni nu sînt justificate. Pe exemple concrete de proiecte executate de institutul „Ghiproselelectro", autorul analizează comparativ avantajele metodei propuse.

Se dau curbe de comparaţie a costului liniei în funcţie de curentul de sarcină pentru diverse secţiuni de conductoare.

Concluzia autorului este următoarea :

1. În toate zonele climaterice, cu excepţia primei (în U.R.S.S. sînt patru zone climaterice prevăzute în prescripţii, dintre care prima corespunde condiţiilor celor mai uşoare), se recomandă executarea magistralei cu conductoare de aluminiu de secţiune minimă 35 mm², chiar dacă din calcul rezultă secţiuni mai mici. Aceasta conduce pe de o parte la costuri totale mai scăzute şi la calitate mai bună a energiei livrate, iar pe de altă parte duce la ieftinirea reţelei de joasă tensiune, compensînd consumul suplimentar de metal în reţeaua de înaltă tensiune. De asemenea, în acest mod se obţine o rezervă în capacitatea de transport a magistralei, iar derivaţiile devin mai uşoare.

2. Se poate reduce numărul de mărci de conductoare folosite şi în special se recomandă să nu fie folosite mărcile A—25; PS—25; PS—35; A—16; PSO—4; AS—16; AS—25 şi AS—35 prevăzute în albumele tip ale Ghiproselelectro nr. T—507.

3. Pentru reducerea costului liniilor de 6—10 kV se recomandă proiectarea unui stîlp de tip nou pentru conductoare PSO—5, care sînt cel mai des întrebuinţate pentru liniile de 6—10 kV.

d.m.

Puterea de rupere a separatoarelor de tipul RLND şi a separatoarelor de 110 şi 35 kV Belenkii L.S. şi Korolcova V.P. *Electriceskie Stanţii* anul **31** (1960) nr. 4, pag. 53—59, 7 fig.

Între 1955—1957 ORGRES a efectuat în sistemele energetice ale U.R.S.S. încercarea puterii de rupere a separatoarelor de tipul RLN—110 şi 35 kV. Aceste încercări au arătat că se pot declanşa în bune condiţii transformatoare de 31 500 kVA în gol la tensiunea de 110 kV şi de 20.000 kVA la tensiunea de 35 kV. Din anul 1958 s-a trecut la fabricarea noului tip de separatoare, cu deschiderea cuţitelor în plan orizontal. Articolul prezintă rezultatele experimentărilor efectuate în sistemele energetice din U.R.S.S. asupra posibilităţilor de deconectare în gol a transformatoarelor cu separatoare de tip RLND.

Rezultatele încercărilor au arătat că separatoarele sînt capabile să deconecteze în bune condiţii transformatoare de 110 kV pînă la 31 500 kVA şi de 35 kV pînă la 20 000 kVA.

Aceasta corespunde la un curent de mers în gol de 10 A. În cazul folosirii separatoarelor pentru deconectarea în gol a transformatoarelor, distanţa între faze trebuie să fie de 3 m la 110 kV şi 2 m la 35 kV.

Se recomandă montarea unor paravane pentru protecţia operatorului împotriva efectului de orbire, la transformatoare mai mari de 10 000 kVA.

Nu au dat rezultate încercările de deconectare în cazul cînd separatoarele au fost montate în plan vertical.

De asemenea, nu a fost determinată lungimea liniei care poate fi deconectată în gol prin aceste separatoare.

d.m.

Protecţia instalaţiilor de distribuţie de 35 kV contra supratensiunilor atmosferice în condiţiile moderne. Beliacov N.N. şi Serenţis A.N. *Electricestvo* (1960) nr. 7, pag. 51—56, 2 fig., 1 tabelă, 10 bibl.

Articolul analizează posibilităţile de simplificare a schemelor de protecţie pe baza consideraţiilor teoretice şi a experienţei de exploatare obţinută în sistemele din U.R.S.S. şi alte ţări.

Prima parte a lucrării se referă la protecţia staţiilor electrice contra loviturilor de trăznet, ajungînd la următoarele concluzii :

— paratrăznetele din staţiile de 35 kV se pot lega la centura de punere la pămînt a staţiei ;

— paratrăznetele din staţii se pot monta pe transformatoarele cu înfăşurări de 6—35 kV dacă acestea sînt protejate cu descărcătoare cu rezistenţă variabilă ;

— conductorul montat pentru a proteja intrarea în staţie se poate lega la cadrul staţiei ;

— paratrăznetele se pot monta pe cadrul staţiei, permiţînd staţiei şi simplificarea exploatării.

În cea de-a doua parte a lucrării se analizează protecţia instalaţiilor contra undelor de supratensiuni care se propagă de pe liniile conectate la staţie.

Datorită faptului că în prezenţa mai multor linii unda de supratensiune pe bara staţiei se atenuează, se poate renunţa la descărcătoarele cu rezistenţă variabilă (în cazul în care supratensiunea ce rezultă este mai mică decît cea care produce funcţionarea descărcătorului) sau se pot înlocui acestea cu eclatoare tije.

Eclatoarele tije pot fi utilizate fie ca protecţie de bază (în special pentru protecţia staţiilor de putere relativ mică), completate cu RAR, fie ca protecţie de rezervă. În cazul cînd linia de 110 kV care alimentează staţiile de putere mică are conductor de protecţie pe toată lungimea ei se poate renunţa chiar şi la eclatorul de protecţie. Protecţia posturilor de transformare care se alimentează printr-o ramificaţie de la linia de înaltă tensiune se poate simplifica, renunţîndu-se la conductorul de protecţie pe o distanţă de 1—2 km, care se înlocuieşte cu conductor de protecţie pe 2—4 deschideri, avînd la capete descărcătoare tubulare, şi prevăzînd D.R.V. la post.

O analiză detaliată are în vedere protecţia autotransformatoarelor ; aceasta se asigură cu D.R.V. la ambele tensiuni, la care nu se poate renunţa chiar dacă pe barele staţiei sînt mai multe linii. D.R.V. trebuie instalate între aparatele de comutaţie şi autotransformator, la o distanţă care se alege ca la transformator. Articolul scoate de asemenea în evidenţă necesitatea încercării transformatoarelor şi autotransformatoarelor la unde de impulsie tăiate, precum şi problemele care mai trebuie studiate pentru a putea trage concluzii mai riguroase.

p.b.

Asupra protecţiei liniilor telefonice care se află pe teritoriul staţiilor de înaltă tensiune, faţă de pericolul tensiunii (electrocutare). O zascite telefonih linii, zahadiaşcid na teritoriu vîscovaltnih podstanţii, ot opasnih napriajenii. Mihalov M. I., Razumov L. D. *Elektriceschie stanţii* (1960) nr. 7, pag. 71—76, 3 tabele, 6 fig, 3 ref. bibl.

În timpul scurtcircuitelor monofazate au loc curenţi mari care produc pe prizele de pămînt ale staţiei un potenţial ridicat în raport cu locurile depărtate de staţie. Aceste potenţiale se pot transmite pe conductoarele liniei telefonice, devenind periculoase atît pentru operatorul de la staţie cît şi pentru lucrătorul de pe linie. În articol se analizează posibilităţile de electrocutare, precum şi măsurile de protecţie contra lor.

Se tratează cazurile tipice de legături telefonice : linie aeriană telefonică, linie telefonică aeriană dar cu ieşire în cablu, linie în cablu, stabilindu-se particularităţile specifice ale acestora. De asemenea pentru fiecare caz tipic se stabileşte schema de protecţie, precum şi valoarea diferiţilor parametri ai acesteia, corespunzătoare unei game variate de condiţii concrete din staţii.

Prin caracterul ei practic, lucrarea este utilă electricienilor care proiectează şi exploatează instalaţii telefonice de pe teritoriul staţiilor electrice.

p.b.

Principiile tehnico-economice ale construcției echipamentului de foarte înaltă tensiune Avramescu A. *Electrotehnica* **8** (1960) nr. 1 p. 2—11.

Autorul prezintă tendințele moderne privind construcția echipamentului de foarte înaltă tensiune.

Tendințele generale se axează pe următoarele criterii:

— Criteriile constructive generale în care se includ siguranța în exploatare, economicitatea soluțiilor, performanțelor utilajului.

— Tendințe generale în modernizarea construcțiilor care se manifestă prin reducerea și tipizarea produselor ținînd seama de recomandările internaționale (CEI, CAER), majorarea performanțelor, reducerea greutății și volumului.

— Sistemul elementelor constructive care înseamnă fabricarea unui produs prin ansamblarea unei serii de elemente tipizate, prefabricate, a căror tehnologie este bine pusă la punct, numărul de elemente ce se ansamblează variind cu tensiunea de serviciu a aparatului respectiv. Acest lucru este utilizat cu precădere la fabricarea întreruptoarelor cu aer comprimat (U.R.S.S. și BBC).

— Tendințele de progres specific care se manifestă în toate domeniile de construcții de echipament. Pentru transformatoarele de forță în prezent se urmărește reducerea izolației printr-o construcție mai judicioasă, reducerea pierderilor prin utilizarea unor materiale superioare, introducerea unor sisteme mai eficiente de răcire, etc.

Pentru întreruptoarele de putere s-au revizuit principiile teoretice de construcție a camerelor de stingere, s-au adoptat noi dispozitive constructive, mai economice, s-au introdus materiale izolante superioare.

În mod similar se arată și pentru celelalte aparataje mai uzuale cum ar fi separatoare, reductoare de măsură, descărcătoare cu rezistență variabilă, problemele care stau în prezent în fața constructorilor de aparataje.

În concluzie, autorul arată că pentru a se ridica și la noi fabricația întreruptoarelor de înaltă tensiune la nivelul tehnicii mondiale, este necesară înființarea unor laboratoare bine utilate, fără de care progresul în acest domeniu este de neconceput.

m. g.

Oportunitatea recurgerii la mașini de calcul în probleme de electrotehnică Avramescu A. *Electrotehnica* **8** (1960) nr. 4, p. 109—116.

Lucrarea are ca scop de a prezenta performanțele mașinilor de calcul, arătînd domeniul optim de aplicare în electrotehnică a fiecăreia din categoriile de mașini de calcul, analogice și digitale.

Electrotehnica teoretică oferă exemple numeroase de utilizare a ambelor categorii de mașini.

Astfel, repartizările spațiale de cîmpuri electrice, magnetice, de curenți, încălzirea și răcirea conductoarelor, se pot studia mult mai bine prin modelare. În schimb descărcările în gaze, calculul forțelor electrodinamice între conductoare și bobinaje se calculează foarte ușor cu ajutorul mașinilor digitale.

De asemenea, în industria electrotehnică se aplică mașinile de calcul în special la proiectare, unde se pune problema de a se stabili seriile optime de produse variind diverșii parametri constructivi, și de a se adînci fenomenele ce privesc comportarea mașinilor.

Utilizarea acestor mașini se face și în energetică, în diversele domenii ale acesteia cum ar fi: stabilirea soluțiilor optime pentru transportul energiei electrice, repartizările tensiunii și curentului în lungul liniilor, determinarea repartiției curenților și tensiunilor în rețelele buclate cu ajutorul modelului de rețea, comportarea regulatoarelor și a protecției, etc.

În încheiere, autorul indică spre exemplificare un exemplu de modelare electrică a proceselor de transmitere a căldurii, construit de L. Berken.

m. g.

Termo-energetica

Găurirea pereților tamburilor și colectoarelor la cazane Kovarski L. G. și Goldberg A. E. *Energhetic* **7** (1960) p. 13—14, 1. fig., 1 tabelă

Pentru modernizarea cazanelor se pune frecvent problema găuririi pereților groși ai tamburilor și colectoarelor.

Metoda mecanică este greoaie și înceată.

Lenenergoremont a pus la punct o metodă de găurire cu flacără oxiacetilenică pe care Direcția Metrologiei din reg. N.W. a U.R.S.S. a admis-o.

Se dă o schiță a dispozitivului și următoarele indicații: diametrul găurii 60÷140 mm, grosimea peretelui pînă la 50 mm, presiunea oxigenului de 7—8 kg/m², presiunea acetilenei de 100 mm C.A., timpul de găurire 2÷3 min, greutate proprie 6,5 kg.

Metoda poate fi folosită nu numai pentru sudarea ulterioară a țevilor, dar și pentru vălțuirea acestora.

c. d.

Detectarea țevilor neetanșe la condensatori. Kamenskii C. K. *Elektriceschie Stanții* **7**(1960) p. 87

La o centrală engleză se aplică următoarea metodă pentru detectarea rapidă a neetanșeităților la condensatorii construiți din două jumătăți.

După reducerea corespunzătoare a sarcinii și deschiderea unei jumătăți, se aplică pe placa tubulară o foaie subțire și transparentă de 0,15—0,25 mm din masă plastică de policlorură de vinil. În dreptul țevilor defecte, foaia este atrasă de vacuum-ul din condensor; după detectarea țevilor defecte, se înfundă acestea cu dopuri de lemn.

Operația se face cu trei oameni și durează numai cîteva ore.

c. d.

Etanșarea plăcilor tubulare la condensatorii turbinelor cu abur Berman L. D. și Fucs C. N. *Electriceskie Stanții* (1960) nr. 4, p. 32—36, fig. 3, bibliograf. 6.

Se arată că controlul calității mandrinărilor nu este total sigur și că este necesară — la centralele cu parametrii înalți — aplicarea unor măsuri speciale de etanșare, printre care și acoperirea plăcilor tubulare cu diferite mase plastice, aderente și stabile. Încercările făcute în U.R.S.S. începînd din 1953 cu un prim grund (B-329) aplicat în 2 straturi și apoi cu un mastic (Nr. 580) aplicat în 4—6 straturi au dat rezultate bune. Se dau detalii tehnologice pentru curățarea suprafețelor menținerea curată a atmosferei în zona de lucru, prepararea substanțelor, timpul de uscare și asupra consumului de substanțe.

Se insistă asupra aplicării corecte și conștiincioase a procedeului arătîndu-se că în acest fel se obține un strat etanș și rezistent la acțiunea apei în mișcare și la aceea a corpilor antrenați de aceasta.

c. d.

Curățirea în timpul funcționării a condensatoarelor la Grupul Regional de Producție Termică „Oise" P. Anselem. *Chaleur et Industrie*, (1960), iulie, nr. 420, p. 189—200.

Cele trei centrale ale grupului „Oise" (Porcheville, Creil și Beautor) întîmpină dificultăți mari de exploatare datorită murdăririi țevilor de condensator cu microorganisme din apa de răcire. Se face o descriere a celor trei procedee de curățire utilizate în centralele menționate:

— curățire manuală, la centrala Porcheville;

— tratament chimic (clorurare), la centrala Creil;

— procedeul „Tapproge" (cu bile de cauciuc poros antrenate de curentul de apă), la centrala Beautor.

Din compararea tehnică și economică a celor trei procedee rezultă cel mai avantajos procedeul de curățire cu bile de cauciuc (Tapproge). Pe lîngă avantajele economice, procedeul menționat prezintă siguranță în funcționare mărită și posibilități de întreținere mai ușoară.

al. f.

Curățirea condensatoarelor cu ajutorul bilelor de cauciuc. Traciuk V. P. *Energhetic* **8** (1960) p. 9—11, 4 fig.

Metoda se aplică începînd din 1957. În prezent toate turbinele BK—50—1 și BK—100—2 din patru centrale sînt prevăzute cu instalația necesară.

Se dau indicații de instalare și de exploatare. Presiunea apei 4 ata, consumul de apă al ejectorului 16 — 18 m^3/h. Numărul de bile este egal cu 20 % din numărul țevilor, iar diametrul bilelor este de 20 mm pentru țevi de diametrul de 23 mm.

Rezultatele obținute: coborîrea în medie cu 5,2 grad a lui Δt, respectiv creșterea vacuumului cu 1%. Termenul de amortizare a lucrărilor 2,5...3 luni.

Suprimarea operațiilor de curățare mecanică a avut ca efect și reducerea opririlor și defectelor țevilor.

c.d.

Exploatarea stației de preparare a apei de adaos în centralele termoelectrice din grupa „Oise". Flament F. *Chaleur et Industrie* (1960) nr. 421, august p. 217—230

Centralele termoelectrice moderne necesită o apă de alimentare cu o puritate foarte mare: conținutul de siliciu maximum 50 micrograme pe litru (50 γ/l); conductibilitatea electrică sub 1 microohm; salinitatea totală inferioară valorii de 400 γ/l, pentru domeniul subcritic de presiuni și de 50γ/l pentru domeniul supracritic.

Pentru a prepara apa de calitatea cerută CTE Creil, Beautor și Porcheville au adoptat procedeul de demineralizare totală cu schimbători de ioni într-o schemă cu cinci coloane.

După ce se dau schemele constructive și detaliile instalației, se arată dificultățile întîlnite în exploatare și modul lor de rezolvare.

În încheiere se face un studiu comparativ asupra schemei de epurarea a apei în cinci coloane și cea cu pat-amestecat și se arată necesitatea automatizării și a comenzii centralizate a întregului proces de epurare a apei indicîndu-se și aparatajul respectiv.

c.w.

Obținerea unui distilat de calitate superioară prin spălarea în două trepte a aburului. Rukovanov B. P. *Elektriceskie Stanții* **7** (1960) p. 25—28, 3 fig., 1 tab.

Prin spălarea în două trepte cu condensat a aburului produs de vaporizatori, se obține un distilat echivalent cu cel obținut prin demineralizare totală.

Se dau indicații asupra modernizării vaporizatorilor pentru spălarea în două trepte și apoi se dau rezultatele obținute. Între altele se arată că plecînd de la o apă de alimentare cu un conținut de Na de 127 mg/kg, conținutul de Na al aburului care era de 10,7 mg/kg înainte de modernizare scade la 0,24 mg/kg după prima spălare și la 0,010 mg/kg după a doua spălare.

Conținutul de siliciu scade de la 7,7 mg/kg la 0,010 mg/kg.

Energetica industrială

Îndepărtarea unor neajunsuri la supapele de reținere tip KOS-400, fabricație L.M.S. Ing. Grigorov G. V. *Electriceskie Stanții* (1960) nr. 8, august, p. 84—85

Prizele de 8—13 ata ale turbinelor VPT-25-3 sînt prevăzute cu supape de reținere tip KOS—300. Acestea fiind dispozitive de protecție și trebuind să acționeze repede și precis, este necesară verificarea periodică a mecanismelor acestora.

Se constată adesea că mecanismul de închidere nu funcționează datorită următoarelor cauze:

— depuneri de săruri în intervalul dintre piston și cilindru;
— blocarea tijei în garnitura de etanșare;
— blocare datorită coroziunii;
— slăbirea forței de comprimare a arcului.

Pentru înlăturarea acestor neajunsuri care survin în timpul exploatării turbinelor se indică:

— utilizarea unor șaibe pentru comprimarea arcului
— demontarea dispozitivului de închidere a supapei în timpul funcționării turbinei) și introducerea unei tije cu ajutorul căreia să se poată acționa direct asupra supapei, în cazul cînd aceasta ar fi blocată.

n.t.

Cîteva probleme de coroziune în schimbătoarele de căldură și instalațiile de cazane industriale caracterizate printr-un mare procentaj de apă de adaos în apa de alimentare Edwards J. E. — *Bul. Cebedeau* (1960) nr. 48, p. 88—93

Coroziunea metalelor din instalațiile de apă caldă este încă o problemă care ridică multe greutăți în exploatare.

În articol se arată metodele de combaterea coroziunii pentru mai multe tipuri de instalații indicîndu-se pentru fiecare instalație în parte, în diverse situații de exploatare sau de oprire, metoda optimă de combaterea coroziunii.

Pentru cazanele de abur de înaltă presiune este recomandată folosirea hidrazinei în apa de alimentare sau a degazorilor. În cazul cazanelor de mică presiune este indicată folosirea sulfitului de sodiu (Na_2SO_3). Reducerea corodării condensatoarelor care se datorește nu numai oxigenului liber ci și anumitor urme de acid provenite din CO_2 este indicat să se facă cu ajutorul aminelor neutralizate cu cyclohexylamina și morpholina sau a aminelor filmante, pentru cazurile de corodare înaintată, introduse în apa de alimentare.

Pentru a se evita corodarea în timpul opririi instalațiilor, se recomandă diferite metode uscate pe bază de substanțe higroscopice sau metode umede pe bază de sulfit de sodiu.

c.w.

Gospodărirea căldurii în industria petrolului și chimiei Comănescu A. T. *Petrol și Gaze* **11** (1960), nr. 2, p. 76—80.

Unii dintre marii consumatori de combustibil și energie electrică sînt întreprinderile petrolifere și chimice.

În anul 1958 energia electrică consumată reprezenta circa 28% din întreaga producție de energie electrică pe țară, respectiv 37% din consumul de energie electrică al întregii industrii. Cantitatea de combustibil consumat reprezenta circa 44% din energia primară consumată pe întreaga industrie. Din acest consum de combustibil, circa 88,8% era acoperit de combustibilii gazoși și circa 11,2% de combustibilii lichizi.

Din consumul de combustibil al industriei chimice și petrolifere, consumul pentru foraj și extracția țițeiului reprezintă circa 50%, prelucrarea țițeiului circa 30%, iar celelalte ramuri ale industriei chimice 20%.

În schele se folosesc în prezent circa 1 800 cazane de abur de 2t/h, din care circa 600 funcționează cu randamente de 0,6...0,75.

După ce se analizează situația energetică existentă din industria electrică pe tona de produs, se preconizează linia tehnică necesară să fie introdusă pentru îmbunătățirea acesteia.

Introducerea de cazane recuperatoare (se apreciază nerecuperarea căldurii gazelor arse la 40...70% din puterea calorifică a combustibilului folosit), termoficarea rafinăriilor din jurul orașului Ploești, utilarea cuptoarelor cu aparataj de măsură-control pentru controlul arderii, cuptoare tehnologice de mare randament, folosirea rațională a aburului mort, recuperarea căldurii condensatului și a apei, recuperarea căldurii provenite din reacțiile exotermice, izolarea termică a recipienților, conjugarea întreprinderilor complimentare, ca fabricile de celuloză la liniile tehnologice de hîrtie, etc sînt doar cîteva din soluțiile care ar duce la micșorarea consumurilor specifice de căldură din industria chimică.

c. w.

Automatizarea cuptoarelor industriale Papadache I. Șapșa M., *Automatica și Electronica* nr. 1(1960) p. 2—10; nr. 2 (1960) p. 49—59; nr. 3 (1959) p. 236—240.

La început, se analizează problemele generale legate de automatizarea cuptoarelor industriale încălzite cu gaze, după care se prezintă scheme detaliate asupra automatizării cuptoarelor din industria metalurgică, cît și a diverselor tipuri de cuptoare din diferite alte industrii.

Pentru cuptoarele rotative de ciment se dau două scheme sovietice de automatizare, care prevăd circuite de stabilizare a temperaturii în zona de aglomerare, circuite de stabilizare a distribuției temperaturii de-a lungul cuptorului și a alimentării cu materie primă.

De asemenea se prezintă schemele de reglare automată și control al cuptoarelor de var, de cărămidă, de electroporțelan și de topit sticlă.

Se insistă în special asupra automatizării unui cuptor Siemens-Martin, care este prevăzut cu o schemă de automatizare ce cuprinde un calculator numeric.

c. w.

Metodă de analiză a consumurilor de energie electrică la forajul sondelor de țiței Kulizade K. N., *Petrol și Gaze*, nr. **11** (1960) nr. 3 p. 126–130.

Elaborarea unui sistem precis și corect de normare și control al consumului de energie electrică la forajul sondelor este un factor de bază care contribuie la îmbunătățirea indicilor energetici ai sondelor în foraj.

După ce se analizează formula empirică de calcul a consumului de energie electrică se caută ca în funcție de factorii tehnologici ca: adîncimea și diametrul sondei, metoda de foraj, viteza de foraj etc și pe baze statistice experimentale să se dea pentru fiecare fază a procesului de foraj expresii analitice pentru calculul consumurilor energetice specifice.

Verificările experimentale ale rezultatelor obținute au arătat că metoda enunțată dă erori în limitele admisibile ±5%.

c. w.

Hidroenergetica

Utilizarea betoanelor bituminoase etanșe la protecția taluzelor canalelor. Valet G. *Construction*, (1960) iunie, p. 270–276.

Acest gen de îmbrăcăminte este interesant:

– pentru că se poate executa continuu și pentru că supletea sa permite tasarea inegală a terasamentelor, fără ca betonul bituminos să crape;

– pentru economicitatea sa, cel puțin în viitor.

La centrala Palaminy din R.E.H. Garonne s-a executat un tronson de 402 m de canal de aducere, protejat cu beton bituminos. Nu au fost utilizate nici un fel de materiale speciale și nici mașini de construcție specială, afară de mici modificări la mașinile rutiere pentru betonul de pantă. Totuși, trebuie să se observe că un astfel de beton are toleranțele de execuție mult mai restrînse și incomparabil mai severe decît la un beton cu ciment. O grijă deosebită trebuie dată controlului granulometriei, temperaturii, cilindrării și executării rosturilor de lucru între diversele benzi.

Canalul executat avea următoarele caracteristici:

– Debit derivat	130 m³/s
– Panta	0,15 m/km
– Înălțimea apei la pupă	6,75 m
– Înălțimea maximă la camera de încărcare	7,60 m
– Lărgimea de fund	5,50 m
– Panta taluzelor	2/3
– Lungimea unui taluz	14,20–15,60 m
– Grosimea cămășuielii radier	20 cm
– Grosimea cămășuielii taluz	13,5 cm
– Lățimea digului pe creastă	3 m
– Rugozitatea cerută după Chezy	73

Acest canal, realizat cu titlu experimental, va fi urmărit în exploatare timp de două veri și două ierni, după care se vor trage concluzii în privința eficacității sale (1960–1962).

La aceste lucrări este esențial a se verifica dacă amestecul studiat este stabil pe panta de 3/2 la temperatura de 70°C.

Din punct de vedere al etanșeității s-a ajuns la concluzia că această caracteristică este îndeplinită dacă volumul golurilor nu depășește 5%.

Înainte de adoptarea unei formule definitive, trebuie să se verifice dacă betonul bituminos satisface următoarele condiții:

– Lucrabilitate;

– Rugozitate redusă, legat de protecția maximă admisă și de eficacitatea compactajului.

Compoziția granulometrică a fost următoarea:

– pietriș 5/15	45% din greutate
– nisip 0/5	50%
– tiller	5%
– bitum 60/70	7,2 părți pentru 100 kg de material.

Rezultatele de laborator obținute asupra acestui material au fost următoarele:

– Rezistența la crăpare	60–70 kg/cm²
– Imersiune-compresiune	0,85
– Volumul golurilor	4–6% (laborator)
– Volumul golurilor	2,1–7,5 (șantier)
– Densitate aparentă	2,30–2,31 (laborator)
– Densitate aparentă	2,34–2,40 (șantier)

Etanșeitatea obținută minimum 10^{-6}

Randamentul de execuție a îmbrăcămintii:

maximum:	1 160 m² pe zi de 10 ore
minimum:	600 m²
mijlociu:	960 m²

e. c.

Perspectivele dezvoltării grupurilor din hidrocentrale Pavel D. După *Hidrotehnica* nr. **5** (1960) p. 137–144.

După ce tratează evoluția diferitelor tipuri de grupuri hidrogeneratoare folosite în ultimii 20 ani, autorul analizează amănunțit tendințele de dezvoltare în utilizarea de grupuri hidrogeneratoare de tipuri noi, care să prezinte indici economici mai buni decît cele clasice.

În acest scop se analizează în 13 aplicații numerice mai multe tipuri de turbine noi și se trag concluzii asupra direcției în care trebuie să se dezvolte construcția noilor turbine și generatoare hidroelectrice.

Din analiza făcută a reieșit că grupurile Francis-lente bietajate vor putea înlocui în viitor în zona de căderi pînă la 800 m grupurile Pelton-rapid. De asemenea, grupurile Kaplan-lente bietajate vor putea înlocui turbinele Francis-rapid în zona căderilor pînă la 160 m, în timp ce turbinele tubulare vor putea fi utilizate la căderi mici și mijlocii în condiții mult mai economice.

Introducerea acestor noi tipuri de turbine arătate, din care unele n-au fost încă utilizate în tehnică, va putea duce la scăderea investițiilor, ceea ce va conduce la creșterea eficacității economice a amenajărilor hidroenergetice.

c. w.

Studiu asupra formării vîrtejului cu antrenare de aer la camera sorburilor unei stații de pompare. Filotti A. *Hidrotehnica* **5** (1960) nr. 1–2 p. 33–36.

Antrenarea aerului prin formarea de vîrtejuri în camera de aspirație a stațiilor de pompare, provenită dintr-o funcționare necorespunzătoare a acestora, conduce în general la dezamorsarea pompelor.

În articol se prezintă rezultatele cercetărilor efectuate pentru studiul camerei de aspirație prevăzută cu un sorb vertical și cu un sorb orizontal, a unei stații de pompare pentru un complex industrial.

Rezultatele cercetărilor au relevat importanța vitezei superficiale a apei și a concentrării liniilor de flux în partea inferioară a sorbului asupra apariției vîrtejului (vartexului) cu antrenare de aer.

De asemenea, s-a arătat că în funcționare pompele se influențează reciproc, în ceea ce privește antrenarea aerului, și că în unele cazuri prelungirea sorbului cu un cot nu elimină întotdeauna antrenarea de aer.

c. w.

СОДЕРЖАНИЕ

ДК 621.181.22 :622.69 :536.6

Vladimir N. : **Определение пускового расхода топлива для котлов, работающих на газе метане**

Обсуждается определение расхода топлива, необходимого для пуска неоснащенных счетчиками котлов, работающих на газе метане в различных условиях пуска в холодном состоянии (пуск при наличии запаса тепла и пр.). В качестве численного примера приведено конкретное применение метода. Предложено определение пускового расхода данным методом для различных конструкций котлов в зависимости от продолжительности их бездействия.

Energetica 8 (1960), no. 10, стр. 425–427

ДК 621.351.1.027.3/7 :621.3.052.2

Rădulescu V. и *Feldman Şt.* : **Двухфазная работа воздушных линий электропередачи напряжением 110 кв и более, с непосредственным заземленным нулем. Расчетные примеры и экспериментальный результат**

Статья является продолжением работы в которой приведены теоретические соображения относительно двухфазной работы 110 кв. сетей с непосредственно заземленным нулем. (Энергетика №6/1960 г.).

В настоящей статье представлены экспериментальные результаты испытания проведенные на румынской энергетической системе а также предварительные расчеты.

Energetica 8 (1960), no. 10, стр. 427–441

ДК 621.311.21 :620.9

Pavel D. : **Экономичность новышения гидроенергетических напоров**

Для достижения удовлетворительных результатов при технико-экономическом сопоставлении ТЭС необходимо осуществить на ГЭС как можно большой напор с наименьшим количеством ступеней и агрегатов наибольшей единичной мощности. Излагается метод расчета предложенный автором в предыдущих работах.

Energetica 8 (1960), no. 10, стр 442–451

ДК 644.1

Dimitriu-Vilcea E.: **Зонирование территории РНР с точки зрения условной теоретической внешней температуры обогревания**

В целях определения теоретической внешней температуры, применяемой для расчета количества тепла необходимого для отопительных установок зданий, в рамках Строительного исследовательского института разработан и предложен новый метод расчета. Проводится критический анализ метода в свете теорий теплоустойчивости строительных конструкций.

Energetica 8 (1960), no. 10, стр. 452–457

ДК 628.972.6/7

Schapira W. : **Техника измерения наружного освещения**

Качественная оценка осветительных установок для улиц производится на основе измерения светотехнических характеристик. Указаны меры, обеспечивающие правильное измерение освещаемости и даются указания по измерению яркости.

Energetica 8 (1960), no. 10, стр. 458–462

ЗАРУБЕЖНИЯ ЭНЕРГЕТИКА

ДК 621.311.22 :697.34

Wlezek C. : **Эксплуатация теплофикационной централи в городе Брно и вопросы топлива**

Energetica 8 (1860), no. 10, стр. 463–464

ДК 621.311.22 :697.34

Colț Gh. : **Параллельная работа ТЭЦ и пиковых котлов**

Energetica 8 (1960), no. 10, стр. 464–465

ХРОНИКА, p. 466–467

ДОКУМЕНТАЦИЯ, p. 468–472

INHALTSVERZEICHNIS

DK 621.181.22 :622.69 :536.6

Vladimir N. : **Bestimmung des Anfahrverbrauchs von Kesseln mit Gasfeuerung**

Es wird ein Verfahren erörtert, den durch das Anfahren von gasgefeuerten Dampfkesseln in verschiedenen Bedingungen (aus kaltem Zustand oder aus Warmreserve) verursachten Brennstoffverbrauch bei Fehlen von Gasmessern zu bestimmen. Ein Rechnungsbeispiel wird angeführt. Es wird die Bestimmung des Anfahrverbrauchs an Hand des Verfahrens für jeden Kesseltyp, im Verhältnis zur Dauer der Reservehaltung vorgeschlagen.

Energetică, 8 (1960) H. 10, S. 425–427

DK ; 621.315.1.027.3/7 :621.3.052.2

Rădulescu V. und Feldman Şt. : **Zweiphasenbetrieb von Hochspannungsfreileitungen von 110 kV mit starr geerdetem Nullpunikt. Rechnungsbeispiele und Versuchsergebnisse**

Die Arbeit bildet die Fortsetzung des früher erschienenen ersten Teils (Energetica H. 6/1960), in welchem die theoretischen Voraussetzungen des Zweiphasenbetriebs von 110 kV - Netzen mit starr geerdetem Nullpunkt enthalten waren. Es werden hier die Ergebnisse der im Verbundnetz des Landes gemachten Versuche und die dafür erforderlichen Berechnungen dargestellt.

Energetica, 8 (1960) H. 10, S. 427–441

DK 621.311.21 :620.9

Pavel D. : **Wirtschaftlichkeit des Ausbaues erhöhter Wassergefälle**

Um gegenüber Dampfkraftwerken günstige technisch-wirtschaftliche Kennziffern zu erzielen, ist es erforderlich, in Wasserkraftwerken möglichst grosse Gefälle in wenig Stufen zu vereinen und die Werke mit möglichst wenig Turbosätzen von möglichst grosser Einzelleistung auszustatten. Der Beitrag baut das in früheren Arbeiten des Verfassers vorgeschlagene Verfahren zur Bestimmung der Ausbauleistung aus.

Energetica, 8 (1960) H. 10, S. 442–451

DK 644.1

Dimitriu-Vilcea E. : **Einteilung des Landesgebiets der R.V.R. nach Aussentemperaturzonen für Heizungsbedarfsrechnungen**

Zwecks Bestimmung der Aussentemperaturrechenwerte für Berechnung der in Heizanlage von Wohnbauten erforderlichen Wärmemengen ist vom Institut für Forschungen im Bauwesen ein neues Verfahren vorgeschlagen worden, welches vom Standpunkt der Theorie der thermischen Stabilität der Bauelemente untersucht wird.

Energetica 8 (1960) H. 10, S. 452–457

DK 628.971.6/7)

Schapira W. : **Lichtmessverfahren für Aussenbeleuchtungsanlagen**

Die qualitative Beurteilung von Strassenbeleuchtungsanlagen erfolgt durch Messung bestimmter lichttechnischer Werte. Es werden die für einwandfreie Lichtsmessungen erforderlichen Massnahmen erörtert und Hinweise auf Leuchtmessungen gegeben.

Energetica, 8 (1960) H. 10, S. 458–462

DIE ENERGIEWIRTSCHAFT IM AUSLAND

DK 621.311.22 :697.34

Wlezek C. : **Betrieb des Heizkraftwerks Brno und dessen Brennstoffsorgen**

Energetica, 8 (1960) H. 10, S. 463–464

DK 621.311.22 :697.34

Colț Gh. : **Verbundbetrieb von Dampfkraftwerken und Spitzenlastkesseln**

Energetica 8 (1960), H. 10, S. 464–465

CHRONIK, S. 466–467

DOKUMENTIERUNG, S. 468—472

SOMMAIRE

DC 621.181.22 :662.69 :536.6

Vladimir N. : **La détermination de la consommation de mise en marche aux chaudières fonctionnant au gaz méthane**

L'article traite de la détermination de la consommation de combustible occasionnée par la mise en marche des chaudières fonctionnant au gaz méthane qui ne sont pas pourvues d'un gazomètre, dans diverses conditions (mise en marche partant de l'état froid, mise en marche partant de la réserve chaude, etc.). Un exemple numérique fait une application concrète de la méthode. On propose de déterminer à l'aide de cette méthode la consommation du démarrage pour chaque type de chaudière, en fonction de la durée du maintien en réserve.

Energetica 8 (1960), no. 10, p. 425–427

DC 621.315.1.027.3/7 :621.3.052.2

Rădulescu V. et Feldman Şt. : **Le fonctionnement en deux phases des lignes électriques aériennes, aux tensions de 110 kV et davantage, au neutre connecté directement à la terre. Exemples de calcul et résultats expérimentaux**

Cet article fait suite à un premier article qui comprenait des considérations théoriques ayant trait au fonctionnement, en deux phases, des réseaux de 110 kV au neutre directement mis à la terre (voir notre „Energetica" no. 6/1960). Dans le présent article sont exposés les résultats expérimentaux obtenus dans les essais effectués dans le système énergétique de la République Populaire Roumaine, ainsi que les calculs préliminaires qu'il a fallu mettre au point.

Energetica 8 (1960), no. 10, p. 427–441

DC 621.311.21 :620.9

Pavel D. : **L'efficience économique de l'augmentation des chutes hydroénergétiques**

Afin d'obtenir des résultats favorables en comparaison, sous l'aspect technique et économique, avec les Centrales thermoélectriques, il est nécessiare qu'aux Centrales hidroélectriques soient concentrées des chutes d'eau aussi grandes que possible, en peu d'étages et équipées d'agrégats dans un nombre aussi petit que possible et disposant de la plus grande puissance unitaire possible. Dans le présent article l'auteur développe la méthode de dimensionnement qu'il a préconisée dans ses travaux antérieurs.

Energetica 8 (1960), no. 10, p. 442–451

DC 644.1

Dimitriu-Vîlcea E. : **La division par zones du territoire de la République Pop. Roumaine du point de vue de la température extérieure conventionnelle de calcul pour des fins de chauffage**

Pour établir la température extérieure de calcul utilisée au calcul de la quantité de chaleur nécessaire aux installations de chauffage de bâtiments, on a élaboré une méthode nouvelle proposée dans le cadre de l'Institut de recherches en matière de constructions. Dans le présent article, l'auteur analyse de manière critique cette méthode sous le jour de la théorie de la stabilité thermique des éléments de construction.

Energetica 8 (1960), no. 10, p. 452–457

DC 628.971.6/7

Schapira W. : **La technique des mesurages d'illumination pour l'extérieur**

L'estimation qualitative des installations pour l'illumination des rues se fait en mesurant une série de caractéristiques lumino-techniques. L'auteur montre les mesures qui doivent être prises pour effectuer des mesurages d'illumination corrects et donne en même temps quelques indications sur les mesurages de la brillance.

Energetica 8 (1960), no. 10, p. 458–462

L'ÉCONOMIE ÉNERGÉTIQUE À L'ÉTRANGER

DC 621.311.22 :697.34

Wlezek C. : **L'exploitaion de la centrale de thermification de la ville de Brno et ses problèmes concernant le combustible**

Energetica 8 (1960), no. 10, p. 463–464

DC 621.311.22 :697.34

Colf Gh. : **Le fonctionnement en parallèle de la Centrale thermoélectrique et des chaudières à charge de pointe**

Energetica 8 (1960), no. 10, p. 465–466

CHRONIQUE, p. 466–467

DOCUMENTATION, 468–472

CONTENTS

DC 621.181.22 :662.69 :536.6

Vladimir N. : **Determining the starting consumption at boilers operating with methane gas**

This paper deals with the determination of fuel consumption occasioned by the start of boilers, operating with methane gas that are not provided with a gas meter, in different conditions (start from cold state, start from warm reserve and so on). By a numerical example, a concrete application of the method is made. The determination of the starting consumption by this method is being proposed for each boiler type, according to the duration of maintenance in reserve.

Energetica 8 (1960), no. 10, p. 425–427

DC 621.315.1.027.3/7 :621.3.052.2

Rădulescu V. and Feldman Şt. : **Two-phase operation of aerial electric lines, with 150 kV and more voltages and with the directly earthed neutral point. Computing examples and experimental results**

This paper is the continuation of a first article, in which theoretical considerations were involved, concerning the operation in tho phases of 110 kV networks with directly earthed neutral point („Energetica" no. 6/1960). In the present paper, the experimental results obtained in tests made in the energy economy system of the Rumanian People's Republic, as well as the preliminary calculi required to be worked-up, are shown.

Energetica 8 (1960), no. 10, p. 427–441

DC 621.311.21 :620.9

Pavel D. : **The economic efficacy of the increase of hydroenergetic falls**

In order to obtain favourable results in comparison, from technico-economic standpoint, with thermoelectrical power stations, it is necessary to concentrate at the electrical waterpower stations the greatest possible water falls, in few steps and equipped with the smallest possible number of aggregates and of the biggest unitary power possible. The author develops in this article the method of dimensioning, suggested in his previous papers.

Energetica 8 (1960), no. 10, p. 442–451

DC 644.1

Dimitriu-Vîlcea D. : **Disivion by zones of the Rumanian People's Republic's territory from standpoint of the conventional exterior temperature calculation for heating purposes**

In order to establish the exterior temperature calculation values used in computing the heat quantities required at heating installations for buildings, a new method was elaborated, proposed in the framework of the Building Research Institute. In the present paper, this method is being analyzed with criticalness in the light of the thermal stability of the construction elements.

Energetica 8 (1960), no. 10, p. 452–457

DC 628.971.6/7.

Schapira V. : **Illumination techniques measurements for exterior lighting installations**

The qualitative estimation of installations for street lighting is made, by measuring a series of lumino-technical characteristics. In this paper the steps which have to be taken, in order to carry out correct lighting measurements are shown, together with a few indications on measuring of brightness.

Energetica 8 (1960), no. 10, p. 458–462

ENERGY ECONOMY ABROAD

DC 621.311.22 :697.34

Wlezek C.: **The exploitation of thermification power station in the town of Brno and its fuel problems**

Energetica 8 (1060), no. 10, p. 463–464

DC 621.311.22 :697.34

Colf Gh. : **The parallel working of thermo-electrical power stations and of the peak load boilers**

Energetica 8 (1960), no. 10, p. 465–466

CHRONICLE, p. 466–467

DOCUMENTATION, 468–472

ZAGOS-MÉSZÁK-KÖNYVTÁR

(Continuare de pe coperta II)

2.2.3. *Dezvoltările matematice* vor fi limitate la cele absolut necesare înțelegerii raționamentului matematic. Este suficient, în general, punerea în ecuație și indicarea rezultatelor. Pentru demonstrații se vor alcătui anexe (v. pct. 2.1.7).

2.2.4. *Tabelele* se vor folosi în cazul cînd date numerice importante nu pot fi reprezentate grafic satisfăcător. Nu se admite folosirea concomitent a datelor numerice sub formă de tabelă și diagramă. Tabelele vor fi referite în text și se va indica sursa lor.

2.2.5. *Materialul grafic ilustrativ* (figuri, fotografii) va permite reprezentarea clară și intuitivă a unor idei, puncte de vedere. Ele trebuie să completeze expunerea din text și vor fi referite cu grijă în text, indicîndu-se sursa lor.

2.2.6. *Sistematizarea și numerotarea* capitolelor se va face cu grijă, evitîndu-se excese. Se recomandă utilizarea sistemului zecimal.

2.3. Forma exterioară a lucrării

2.3.1. *Terminologie, mărimi și unități.* Se recomandă a fi conforme cu normele internaționale și STAS-urile în vigoare.

2.3.2. *Scrierea formulelor.* Se recomandă o atenție deosebită scrierii formulelor conform STAS. Indicii și exponenții se vor scrie mai mici decît baza și așezați mai jos sau mai sus decît baza. Se vor scrie, de asemenea, cu grijă literele majuscule, minuscule sau cele rusești, romane, grecești, germane etc. Numerotarea formulelor se va face în dreapta în paranteze rotunde.

2.3.3. *Figurile* trebuie executate unitar și rațional. Ele vor fi numerotate în continuare. Fotografiile vor fi pe hîrtie strălucitoare alb-negru. Explicația figurilor se va face pe o pagină separată.

2.3.4. *Notele* din text se numerotează în continuare.

2.3.5. *Citarea* literaturii în text se face prin simpla indicare a poziției lucrării din cadrul listei bibliografice, în paranteze drepte, fără alte mențiuni.

2.3.6. *Lista bibliografică* se va întocmi cuprinzînd lucrările la care se referă textul (cît și figuri sau tabele), speciale cît și cele generale. Se vor indica toate datele în transcripții originale. Pentru cărți : numele complet, prenumele prescurtat, titlul complet (eventual și tradus, în paranteze), ediția, editorul, locul editării, anul. Pentru articole : numele complet, prenumele prescurtat, titlul complet original (eventual și tradus, în paranteze), revista, tomul, anul, numărul, pagina.

2.3.7. *Scrisul la mașină* a articolelor este recomandat cu insistență, exceptîndu-se lucrările scrise caligrafic. Se scrie pe o singură față, la două rînduri (2 000 semne pe pagină). În partea stîngă a foii se lasă o margine de 5 cm.

2.3.8. *Paginația* se face în continuare. Se recomandă un volum de 10—12 pagini pentru articole.

2.3.9. *Expedierea.* Lucrările (în dublu exemplar) vor fi prinse cu agrafe. Manuscrisul se expediază cu paginile întinse format A_4 și cu plicul conținînd materialul grafic-ilustrativ anexat.

3. RELAȚII CU REDACȚIA

3.1. Nu se admite trimiterea concomitentă a textului la alte publicații.

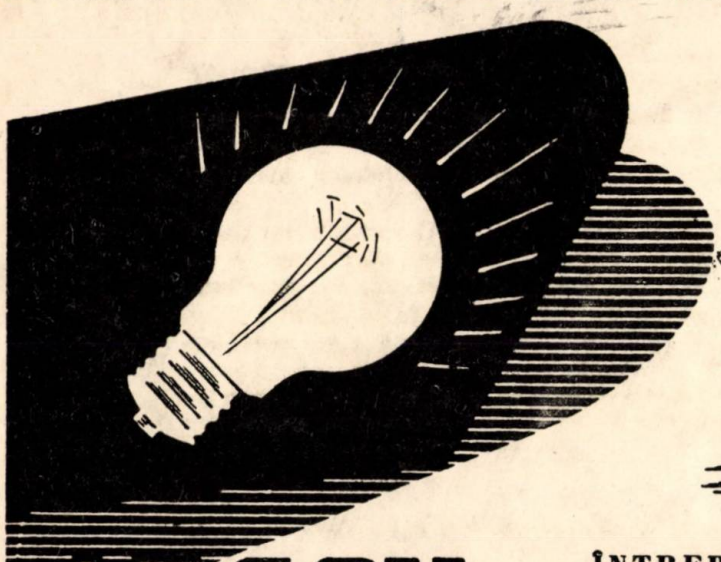
3.2. Articolele se trimit cu o notă însoțitoare pe adresa redacției. În notă se vor indica : titluri academice, funcțiuni, localitatea și adresa domiciliului, nr. de telefon.

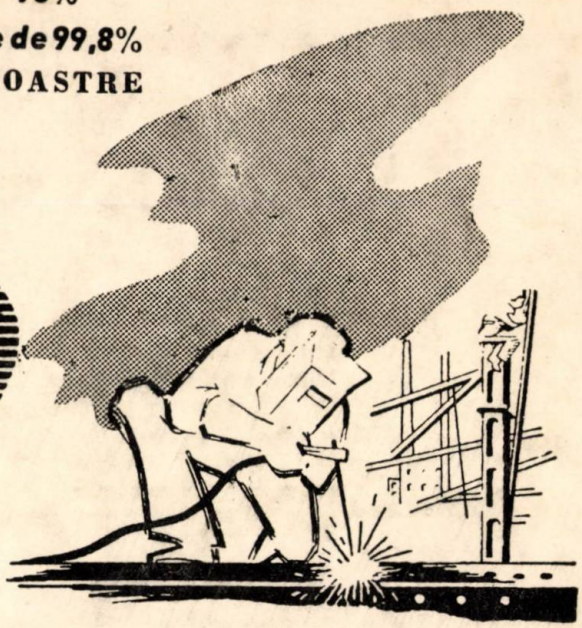
3.3. Lucrările executate în cadrul diverselor instituții sau organizații vor purta aprobarea acestora de publicare.

3.4. Corecturile se vor face după normele tipografice in vigoare.

3.5. Corecturile trimise autorilor vor fi înapoiate în maximum 48 de ore de la primire. Nu se admit modificări esențiale față de manuscris. Modificări importante ale manuscrisului cad în sarcina autorului.

Pentru corpuri de iluminat în puritate de 98%
Pentru sudură în atmosferă inertă în puritate de 99,8%
LIVRAREA SE FACE ÎN BUTELIILE NOASTRE

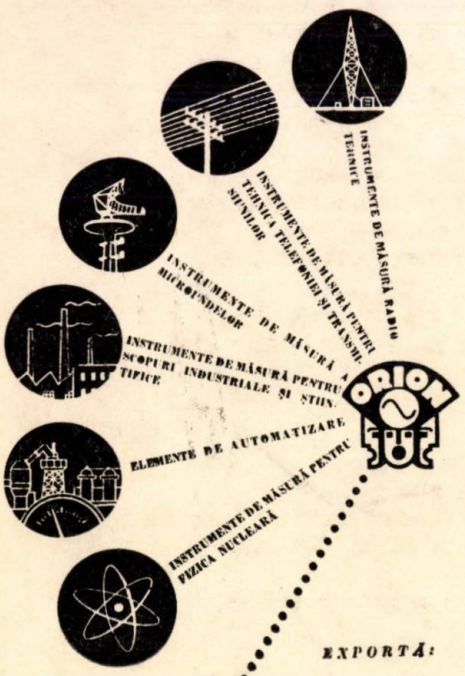




ARGON

ÎNTREPRINDEREA DE UTILAJ CHIMIC
BUCUREȘTI
ȘOS. VIILOR Nr. 33

INSTRUMENTE DE MĂSURĂ ELECTRONICE
pentru toate ramurile științei și industriei



EXPORTĂ:

METRIMPEX

ÎNTREPRINDERE UNGARĂ DE COMERȚ EXTERIOR PENTRU PRODUSELE INDUSTRIEI DE INSTRUMENTE

Adresa pentru scrisori: BUDAPESTA, CĂSUȚA POȘTALĂ 202 UNGARIA
Adresa telegrafică: INSTRUMENT BUDAPEST

E 2039

REFERALVA

ENERGETICA

R

Energetica — Vol. 8 — noiembrie 11 nr. 11/1960 — p. 473-516 — București

1960

Recomandări privind întocmirea articolelor tehnico-științifice

1. FONDUL ARTICOLELOR

1.1. *Lucrări* ce pot fi prezentate spre publicare:

1.1.1. *de importanță generală* (principii noi, dispoziții noi, rezultate experimentale originale, studii teoretice inedite, ale unor fenomene fizice și procese tehnice cu caracter general);

1.1.2. *tehnico-științifice speciale, teoretice sau experimentale,* având contribuții originale dar referindu-se la un domeniu de specialitate restrins (extinderea valabilității unor dispoziții, aplicarea unor teorii sau metode cunoscute la o problemă nouă, rezultate experimentale inedite sau de control);

1.1.3. *tehnice obișnuite* (expunerea studiului unor probleme tehnico-științifice, discuții și critici ale unor rezultate cunoscute etc.).

1.2. *Legătura cu practica* muncii de cercetare, proiectare, învățământ, producție, este condiția esențială pe care trebuie să o îndeplinească tema tratată. Lucrările de sinteză sau de discuție trebuie să se refere la probleme noi și actuale, de interes general. Articolele interesînd industria vor cuprinde considerații privind eficiența economică a soluțiilor. Se recomandă ca articolele să posede propuneri de viitor.

1.3. *Verificarea experimentală* se impune ca necesitate de prim ordin la lucrările care se pretează la asemenea verificări.

1.4. *Lucrările* care au mai fost publicate integral sau parțial, nu pot fi trimise redacției spre publicare.

2. FORMA ARTICOLELOR

2.1. *Organizarea* lucrării

2.1.1. *Titlul* va prezenta în minimum de cuvinte obiectul lucrării.

2.1.2. *Numele* autorului va fi precedat de prenume.

2.1.3. *Un scurt rezumat* fixînd premizele de la care s-a pornit, problema studiată și cadrul în care este tratată nedepășind 6—8 rînduri se va anexa lucrării.

2.1.4. *Împărțirea* pe capitole se va face cu cîteva subtitluri potrivit alese, în număr strict necesar pentru o expunere clară a ideilor și înlesnirea orientării.

2.1.5. *Textul*. În introducere, se încadrează problema în preocupările generale ale disciplinei și în preocupările producției de asemenea se arată scopul lucrării, subliniindu-se expres contribuția autorului. Tratarea va trebui să fie unitară permițînd inteligibilitatea fără dificultăți a problemei. Se vor evita introduceri sau demonstrații voluminoase, de asemenea se va evita repetarea în text a ceea ce poate fi găsit în literatura publicată sau poate fi redat intuitiv prin materialul grafic-ilustrativ, tabele etc.

2.1.6. *Concluziile* vor concentra rezultatele obținute, cu indicarea limitei de valabilitate și aplicațiile posibile.

2.1.7. *Anexele* pot cuprinde demonstrații originale sau absolut necesare înțelegerii formulelor din text; de asemenea, în anexe se pot da exemple de calcul în cazul articolelor care necesită asemenea exemple.

2.1.8. *Citarea literaturii de specialitate*. Afirmațiile luate din alte lucrări și care nu sînt general cunoscute vor fi referite la lista bibliografică de la sfîrșitul lucrării. Referirea se face indicîndu-se poziția lucrării în lista bibliografică, în paranteze drepte.

2.2. *Prezentarea* lucrării

2.2.1. *Nivelul* articolelor va fi înalt.

2.2.2. *Stil*. Redactarea va fi clară și concisă. Ortografia va fi în concordanță cu regulile Academiei R.P.R. Nu se admit prescurtări cu excepția celor unanim cunoscute.

2.2.3. *Dezvoltările matematice* vor fi limitate la cele absolut necesare înțelegerii raționamentului matematic. Este suficientă, în general, punerea în ecuație și indicarea rezultatelor. Pentru demonstrații se vor alcătui anexe (v. pct. 2.1.7).

2.2.4. *Tabelele* se vor folosi în cazul cînd date numerice importante nu pot fi reprezentate grafic satisfăcător. Nu se admite folosirea concomitentă a datelor numerice sub formă de tabelă și diagramă. Tabelele vor fi referite în text și se va indica sursa lor.

2.2.5. *Materialul grafic ilustrativ* (figuri, fotografii) va permite reprezentarea clară și intuitivă a unor idei, puncte de vedere. Ele trebuie să completeze expunerea din text și vor fi referite cu grijă în text indicîndu-se sursa lor.

2.2.6. *Sistematizarea și numerotarea* capitolelor se va face cu grije evitîndu-se excesele. Se recomandă utilizarea sistemului zecimal.

2.3. *Forma exterioară a lucrării*

2.3.1. *Terminologie, mărimi și unități*. Se recomandă a fi conforme cu normele internaționale și STAS-urile în vigoare.

2.3.2. *Scrierea formulelor*. Se recomandă o atenție deosebită scrierii formulelor conform STAS. Indicii și exponenții se vor scrie mai mici decît baza și așezați mai jos sau mai sus decît baza. Se vor scrie, de asemenea, cu grije literele majuscule, minuscule sau cele rusești, romane, grecești, germane etc.
Numerotarea formulelor se va face în dreapta în paranteze rotunde.

2.3.3. *Figurile* trebuie executate unitar și rațional. Ele vor fi numerotate în continuare. Fotografiile vor fi pe hîrtie strălucitoare alb-negru. Explicația figurilor se va face pe o pagină separată.

2.3.4. *Notele* din text se numerotează în continuare.

2.3.5. *Citarea* literaturii în text se face prin simpla indicare a poziției lucrării din cadrul listei bibliografice, în paranteze drepte, fără alte mențiuni.

2.3.6. *Lista bibliografică* se va întocmi cuprinzînd lucrările la care se referă textul (cît și figuri sau tabele), speciale cît și cele generale. Se vor indica toate datele în transcripții originale. Pentru cărți: numele complet, prenumele prescurtat, titlul complet (eventual și tradus, în paranteze), ediția, editorul, locul editării, anul. Pentru articole: numele complet, prenumele prescurtat, titlul complet original (eventual și tradus, în paranteze), revista, tomul, anul, numărul, pagina.

2.3.7. *Scrisul la mașină* al articolelor este recomandat cu insistență, exceptîndu-se lucrările scrise caligrafic. Se scrie pe o singură față, la două rînduri (2 000 semne pe pagină). În partea stîngă a foii se lasă o margine de 5 cm.

2.3.8. *Paginația* se face în continuare. Se recomandă un volum de 10—12 pagini pentru articole.

2.3.9. *Expedierea*. Lucrările (în dublu exemplar) vor fi prinse cu agrafe. Manuscrisul se expediază cu paginile întinse format A4 și cu plicul conținînd materialul grafic-ilustrativ anexat.

3. RELAȚII CU REDACȚIA

3.1. Nu se admite trimiterea concomitentă a textului la alte publicații.

3.2. Articolele se trimit cu o notă însoțitoare pe adresa redacției. În notă se vor indica: titluri academice, funcțiuni, localitatea și adresa domiciliului, nr. de telefon.

3.3. Lucrările executate în cadrul diverselor instituții sau organizații vor purta aprobarea acestora de publicare.

3.4. Corecturile se vor face după normele tipografice în vigoare.

3.5. Corecturile trimise autorilor vor fi înapoiate în maximum 48 ore de la primire. Nu se admit modificări esențiale față de manuscris. Modificările importante ale manuscrisului cad în sarcina autorului.

E 2039

ENERGETICA

ANUL 8 Nr. 11 NOIEMBRIE 1960

CUPRINS

CZ 621.311.26 : 621.165 : 621.438

Aschendorf A. și *Vezeanu P.*: **Cicluri combinate abur-gaze**

Se prezintă cîteva scheme ale instalațiilor combinate de turbine cu abur și gaze și avantajele utilizării acestora :
— creșterea randamentului ;
— mărirea puterii centralelor existente.
În cazul schemei instalației combinate de turbine cu abur și gaze, se compară economicitatea acestei instalații cu economicitatea schemei cu turbine cu abur și apoi cu economicitatea schemei cu turbine cu gaze, scoțîndu-se în evidență avantajele instalației combinate.
Energetica *8* (1960) nr. 11 p. 473—478

CZ 621.314.223

Potolea E.: **Calculul funcționării în două faze a rețelelor cu autotransformatoare**

În articol se face analiza funcționării autotransformatoarelor în regimul de funcționare cu o fază întreruptă în rețele cu neutrul legat direct la pămînt. Se pornește de la stabilirea schemelor echivalente ale autotransformatorului și se dă și un exemplu numeric de calcul.
Energetica *8* (1960) nr. 11, p. 479—487

CZ 621.315.661.002.73

Vaicum Al.: **O nouă metodă de calcul pentru fundațiile încastrate elastic**

Față de categoriile de metode folosite în prezent pentru dimensionarea fundațiilor de stîlpi : metode bazate pe presiuni admisibile și metode bazate pe stările limită, autorul dezvoltă o nouă metodă denumită „a presiunilor limită". Se descrie noua metodă și avantajele acesteia.
Energetica *8* (1960) nr. 11, p. 488—503

CZ 621.175.1.004

Székely L. și *Păian S.*: **Folosirea soluției de fluoresceină și a lămpii cu raze ultraviolete pentru stabilirea locurilor neetanșe la condensatoare**

Se descriu încercările efectuate de CTE Aghireș pentru detectarea neetanșeităților la condensatori cu ajutorul unei soluții de fluoresceină supusă la radiații ultraviolete.
Energetica *8* (1960) nr. 11, p. 503—504

CZ 521.315.29.004

Laszlo T.: **O metodă perfecționată pentru străpungerea și arderea în curent alternativ a cablurilor subterane avariate**

Autorul descrie un aparat pentru „arderea" (accentuarea) defectelor în cabluri subterane bazat pe principiul rezonanței. Aparatul a fost realizat de autor în cadrul IRE Timișoara și experiența de exploatare a dat pînă în prezent rezultate bune.
Energetica *8* (1960) nr. 11, p. 505—508

CZ 621.311.22 : 621.181.004

Dinu Arsene: **Ridicarea temperaturii aburului supraîncălzit la cazanele din CTE Schitu Golești**

Se descrie lucrarea efectuată la un cazan Babcock-Wilcox de 18 t/h pentru ridicarea temperaturii de supraîncălzire a aburului. Sînt arătate cauzele care au condus la situația dinaintea modificării.
Energetica *8* (1960) nr. 11, p. 508—512

CZ 620.15 : 627.133

Racoveanu C.: **Instalație portabilă pentru verificarea debitmetrelor și indicatoarelor de nivel bazate pe principiul diferenței de presiune**

Autorul descrie o instalație portabilă pentru verificarea debitmetrelor și indicatoarelor de nivel la care verificarea se execută numai cu ajutorul apei și care înlătură dezavantajele instalațiilor de același gen care folosesc aer comprimat.
Energetica *8* (1960) nr. 11, p. 513—514

CRONICĂ, p. 510—516

COMITETUL DE REDACȚIE

Prof ing. **I. D. STĂNCESCU**, redactor responsabil, conf. ing. **C. MIHĂILEANU**, redactor responsabil adjunct, conf. ing. **I. A. BADEA**, prof. ing. **M. BERCOVICI**, membru corespondent al Academiei R.P.R., laureat al Premiului de Stat, ing. **M. COGĂLNICEANU**, conf. ing. **E. CONSTANTINESCU**, ing. **P. DIMO**, laureat al Premiului de Stat, prof. ing. **C. DINCULESCU**, membru corespondent al Academiei R.P.R., ing. **I. V. HERESCU**, conf. ing. **N MOLDOVEANU**, prof. ing. **C. PENESCU**, ing. **T. POPA**, ing. **S. SĂNDULESCU** și ing. **P. VICOL**

Revista „**ENERGETICA**", organ al Asociației Științifice a Inginerilor și Tehnicienilor din R.P.R. și al Ministerului Industriei Grele. Redacția și administrația: București, Str. Ion Ghica Nr. 3 Raion Tudor Vladimirescu, Telefon 14.15.95—14.06.24. Revista este editată de A.S.I.T. — Abonamentele se primesc la administrația revistei, la sediul filialelor A. S. I. T. din întreaga țară și prin responsabilii cu presa din cercurile A.S.I.T. — Instituțiile pot achita abonamentele pentru biblioteci și cabinete tehnice în contul nostru de virament: Publicațiile Tehnice A.S.I.T. 070124 B.R.P.R. Filiala I. V. Stalin — București — Tarif pentru întreprinderi: lei 100 anual. — Tarif pentru muncitori, tehnicieni și ingineri: lei 30 anual — Prețul unui exemplar: lei 5 — Tiparul: Întreprinderea Poligrafică Nr. 2, București.

c. 4075

ENERGETICA

ANUL 8
1960
Nr. 11
NOIEMBRIE

ORGAN AL ASOCIAȚIEI ȘTIINȚIFICE A INGINERILOR ȘI TEHNICIENILOR DIN R.P.R.
ȘI AL MINISTERULUI INDUSTRIEI GRELE

MŰSZAKI 1883

Cicluri combinate abur–gaze

Ing. A. ASCHENDORF și *ing. P. VEZEANU*

În raportul C. C. al P.M.R. prezentat de tov. Gh. Gheorghiu-Dej la Congresul al III-lea se arată că „pentru realizarea unui ritm înalt de creștere a producției, lărgirea continuă a activității economice și social-culturale, reducerea treptată a duratei zilei de muncă, sînt necesare un număr tot mai mare de forțe de muncă și sporirea neîncetată a productivității muncii, pe baza introducerii tehnicii noi în toate ramurile economiei și aplicării în practică a cuceririlor științei moderne". De asemenea, se arată că „este necesar ca la alegerea soluțiilor tehnico-economice să se țină seamă nu numai de realizările actuale, ci și de tendințele cele mai noi de dezvoltare a științei și tehnicii".

Utilizarea ciclurilor combinate abur-gaze, realizate prin suprapunerea peste ciclul de abur a unui ciclu de gaze, constituie una dintre soluțiile noi, care au început să fie luate în considerare, pentru producerea energiei electrice.

Instalațiile combinate de turbine cu abur și gaze conduc la o creștere a randamentelor și permit mărirea puterii centralelor existente. Schemele pentru aceste cicluri combinate pot fi sistematizate după cum urmează :

— instalație de turbine cu abur și gaze, în care gazele evacuate din turbina cu gaze sînt introduse în focarul cazanului ;

— instalație în care arderea sub presiune are loc în cazan ;

— instalație în care gazele evacuate din turbina cu gaze sînt utilizate pentru preîncălzirea apei de alimentare a cazanului.

1. Instalația combinată de turbină cu abur și gaze, în care gazele evacuate din turbina cu gaze pătrund în focarul cazanului

1.1. Schema și principiul de funcționare

În instalația din fig. 1, aerul atmosferic cu parametrii $p_1\ t_1$ este comprimat în compresorul (*1*). În camera de ardere (*2*) primește cantitatea de căldură Q_1. Cu parametrii p_3, t_3 gazele pătrund în turbina de gaze (*3*), de unde sînt evacuate la presiunea p_4 și temperatura t_4. Gazele cu acești parametri pătrund în focarul cazanului (*4*), unde li se furnizează cantitatea de căldură Q_2, ajungînd la temperatura t_f. Gazele calde cedează căldura conținută, în scopul

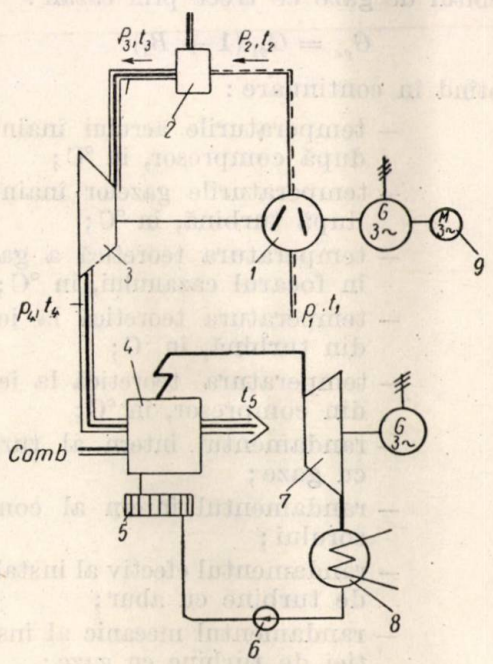


Fig. 1. Instalație combinată de turbină cu abur și gaze :

1 — compresor axial ; *2* — cameră de ardere ; *3* — turbina cu gaze ; *4* — cazan ; *5* — economizor ; *6* — pompă de alimentare ; *7* — turbina cu abur ; *8* — condensator ; *9* — instalație de pornire.

producerii și supraîncălzirii aburului care alimentează turbina de abur (*7*). Condensatul este introdus în cazan de către pompa (*6*), după ce în prealabil a trecut prin economizorul (*5*).

1.2. Randamentul instalației combinate

Notînd cu :

L_{eg}, L_{ea}, L_e — lucrul mecanic efectiv produs de turbina cu gaze, respectiv de turbina cu abur și lucrul mecanic efectiv total al instalației ($L_e = L_{eg} + L_{ea}$), raportate la 1 kg de gaze;

L_t — lucrul mecanic teoretic produs de turbina cu gaze, raportat la 1 kg de gaze;

L_c — lucrul mecanic izentropic consumat de compresor pentru comprimarea unui kg de aer;

G_a — debitul de aer al compresorului;

G_{gt} — debitul de gaze ce trece prin turbina cu gaze;

B_1, B_2 — cantitățile de combustibil raportate la 1 kg de gaze care sînt introduse în camera de ardere, respectiv în focar

și ținînd seama de notațiile de mai sus, debitul turbinei cu gaze este :

$$G_{gt} = G_a + G_{gt}\, B_1 \qquad (1)$$

Debitul de gaze ce trece prin cazan :

$$G_{gc} = G_{gt}\,(1 + B_1) \qquad (2)$$

Notînd în continuare :

t_1, t_2 — temperaturile aerului înainte și după compresor, în °C;

t_3, t_4 — temperaturile gazelor înainte și după turbină, în °C;

t_f — temperatura teoretică a gazelor în focarul cazanului, în °C;

t_4' — temperatura teoretică la ieșirea din turbină, în °C;

t_2' — temperatura teoretică la ieșirea din compresor, în °C;

η_T — randamentul intern al turbinei cu gaze;

η_C — randamentul intern al compresorului;

η_e' — randamentul efectiv al instalației de turbine cu abur;

η_m — randamentul mecanic al instalației de turbine cu gaze;

η_{cond} — randamentul conductelor de aer și gaze;

η_e — randamentul efectiv al întregii instalații;

η_{ca}, η_f — randamentul camerei de ardere, randamentul focarului;

Q_{i1}, Q_{i2} — puterile calorice ale combustibililor utilizați în instalația de turbine cu gaze, respectiv în cazan;

$\eta_{inst\ caz}$ — randamentul relativ al agregatului de cazan (consumul de energie pentru acționarea instalațiilor auxiliare);

i_1, i_2, i_3, i_4, i_5 — entalpiile corespunzătoare temperaturilor notate cu același indice;

c_p' — căldura specifică a gazelor, în kcal/kg grd;

c_p — căldura specifică a aerului în kcal/kg grd,

cantitatea de căldură furnizată în focarul cazanului poate fi exprimată astfel :

$$Q_2 = G_{gt} \cdot B_2 \cdot Q_{i2} \cdot \eta_f = G_{gc} \cdot i_f - G_{gt} \cdot i_4 \ \text{(kcal/h)} \qquad (3)$$

Expresia este valabilă pentru temperatura teoretică din focar t_f (fără a se lua în considerație transferul de căldură prin radiație din focarul cazanului).

Cantitatea de căldură furnizată aerului în camera de ardere este :

$$Q_1 = G_{gt} \cdot B_1 \cdot Q_{i1}\, \eta_{ca} = G_{gt}\, i_3 - G_a\, i_2 \ \text{(kcal/h)}. \qquad (4)$$

Lucrul mecanic produs de instalația de turbine cu gaze este :

$$AL_{eg}\, G_{tg} = \left(\eta_T\, \eta_{cond}\, AL_T\, G_{tg} - \frac{G_a\, AL_c}{\eta_c} \right) \eta_m \,. \qquad (5)$$

Căldura furnizată aburului în cazan este:

$$Q_3 = G_{gc}\, \eta_{inst\ caz}\, (i_f - i_5) \ \text{kcal/kg} \qquad (6)$$

Lucrul mecanic produs în turbina cu abur este:

$$AL_{ea} \cdot G_{gt} = \eta_{inst\ caz} \cdot \eta_e'\, G_{gc}\, (i_f - i_5) \qquad (7)$$

Randamentul efectiv al instalației combinate va fi :

$$\eta_e = \frac{G_{gt} \cdot AL_{ea}}{Q_1 + Q_2} \qquad (8)$$

sau înlocuind în expresiile de mai sus se obține :

$$\eta_e = \frac{\eta_m \left[\eta_T\, \eta_{cond}\, G_{gt}\, c_p' (t_3 - t_4') - \dfrac{G_a\, c_p}{\eta_c} (t_2' - t_1) \right] + \eta_{inst\ caz}\, \eta_e'\, G_{gc}\, (i_f - i_5)}{G_{gt}\, i_3 - G_a\, i_2 + G_{gc}\, i_f - G_{gt}\, i_4} \qquad (9)$$

Dacă în expresia (8) împărțim cu G_{gt} și notăm cu

$$\xi_1 = \frac{G_a}{G_{gt}} \,, \qquad \xi_2 = \frac{G_{gc}}{G_{gt}}$$

se obține :

$$\eta_{ie} = \frac{\eta_m \left[\eta_T \eta_{cond} c_p' (t_3 - t_4') - \frac{\xi_1 c_p}{\eta_{ie}} (t_2 - t_1) \right] + \eta_{inst\ caz} \eta_{ie}' \xi_2 (i_f - i_5)}{i_3 - \xi_1 i_2 + \xi_2 i_f - i_4} \quad (10)$$

1.3. Măsurile de îmbunătățire a randamentului instalației

Valoarea maximă a randamentului efectiv al instalației combinate se obține pentru o valoare determinată a raportului de compresie.

În cazul cînd temperatura gazelor la ieșire din cazan este constantă, valoarea maximă a randamentului se obține punînd condiția ca lucrul mecanic specific să fie maxim (ca și la instalațiile de turbine cu gaze cu un grad de recuperare constant).

Puterea turbinei cu gaze reprezintă o cotă-parte din puterea întregii instalații, care poate fi mărită prin ridicarea temperaturii gazelor la intrarea în turbină și prin încălzirea în trepte (prin utilizarea a două camere de ardere).

Aceste măsuri dau o economie remarcabilă în consumul de căldură, datorită utilizării căldurii gazelor evacuate din turbină în cazan. Consumul suplimentar de căldură, necesitat de mărirea temperaturii t_3, este parțial utilizat în turbina cu abur și în schimbătoarele de căldură.

Odată cu creșterea temperaturii t_3 și cu introducerea încălzirii intermediare, în instalația de turbine cu gaze crește și valoarea optimă a raportului de compresie și deci și puterea utilă dezvoltată de turbina cu gaze. Astfel, ambele măsuri conduc la o creștere a puterii turbinei cu gaze.

Din analiza formulei (10) rezultă că randamentul efectiv al instalației combinate depinde în mare măsură și de randamentul efectiv al instalației de turbine cu abur η_{ie}', cu atît mai mult cu cît puterea furnizată de instalația de turbină cu gaze reprezintă numai o cotă-parte din puterea întregii instalații. Pentru ca instalația combinată să funcționeze cu un randament ridicat este necesar ca randamentul instalației de turbine cu abur să fie cît mai mare.

2. Instalația combinată de turbine cu abur și gaze cu ardere sub presiune în cazan

2.1. Schema și principiul de funcționare

Acest ciclu combinat a fost realizat încă înaintea celui de-al doilea război mondial, sub forma instalației Velox. Spre deosebire de instalația Velox, în schemele actuale se utilizează generatoare de abur cu țevi de apă, care funcționează cu viteze sensibil mai mici decît cele din țevile de fum ale cazanului Velox, dar totuși mai mari decît în cazanele obișnuite [8].

Schema unei astfel de instalații, redusă la cea mai simplă formă, este reprezentată în fig. 2.

Compresorul (*1*) comprimă aerul aspirat pînă la o presiune de 4÷6 ats., de unde trece în focarul generatorului de abur (*2*), unde are loc arderea combustibilului. Gazele arse, evacuate din cazanul (*2*), posedînd la plină sarcină

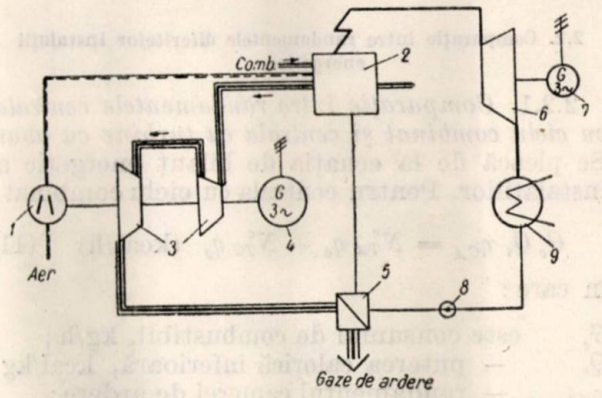


Fig. 2. Instalația combinată de turbine cu abur și gaze cu ardere sub presiune în cazan :

1 — apă compresor; *2* — generator de abur; *3* — turbina cu gaze; *4* — generator electric; *5* — economizor; *6* — turbina cu abur; *7* — generator electric; *8* — pompa de alimentare; *9* — condensator.

o temperatură de aproximativ 800°C, pătrund în turbina cu gaze (*3*), unde se destind pînă la o presiune ceva mai mare decît presiunea atmosferică.

Puterea dezvoltată de turbina cu gaze întrece puterea consumată de compresorul (*1*), iar surplusul de energie mecanică este furnizat generatorului electric (*4*).

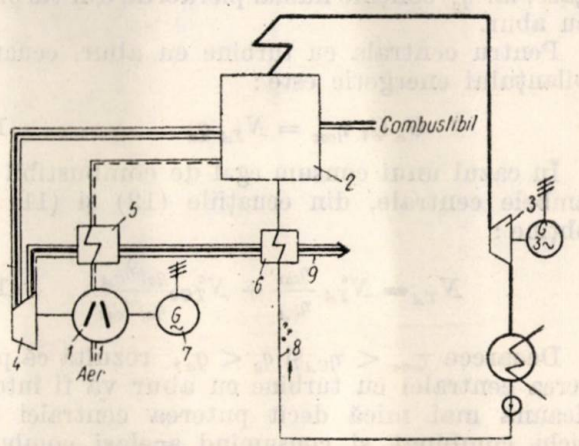


Fig. 3. Schema instalației combinate cu preîncălzirea aerului și apei cu gazele evacuate din turbina cu gaze :

1 — compresor; *2* — generator de abur; *3* — turbina cu abur; *4* — turbină cu gaze; *5* — preîncălzitor de aer; *6* — economizor; *7* — generator electric; *8* — aspirația apei de alimentare; *9* — evacuarea gazelor de ardere.

Gazele evacuate din turbină, avînd încă o temperatură suficient de mare, pot fi utilizate

în economizoare sau preîncălzitoare de aer, după care sînt evacuate în atmosferă.

Deoarece aerul comprimat la ieşirea din compresor posedă o temperatură de aproximativ 230—260°, în preîncălzitorul de aer poate fi utilizată doar o mică parte din căldura gazelor evacuate din turbină. Pentru o mai completă utilizare a acestei călduri, este necesar a se utiliza atît preîncălzitoare de aer cît şi economizoare ca în schema din fig. 3.

2.2. Comparaţie între randamentele diferitelor instalaţii energetice

2.2.1. *Comparaţie între randamentele centralei cu ciclu combinat şi centrala cu turbine cu abur.* Se pleacă de la ecuaţia de bilanţ energetic al instalaţiilor. Pentru centrala cu ciclu combinat :

$$G_c Q_i \eta_{CA} = N^c_{TA} q_a + N^c_{TG} q_g \text{ (kcal/h)} \qquad (11)$$

în care :

G_c este consumul de combustibil, kg/h ;
Q_i — puterea calorică inferioară, kcal/kg ;
η_{CA} — randamentul camerei de ardere ;
N^c_{TA} — puterea turbinei cu abur din ciclul combinat, kW ;
N^c_{TGu} — puterea utilă a turbinei cu gaze din ciclul combinat kW ;
q_a — consumul specific de căldură, în turbina cu abur, kcal/kWh ;
q_g — consumul specific de căldură, în turbina cu gaze, kcal/kWh.

Se consideră că pierderile prin gazele arse se raportează numai la instalaţia de turbine cu gaze, iar q_a conţine numai pierderile din turbina cu abur.

Pentru centrala cu turbine cu abur, ecuaţia bilanţului energetic este :

$$G_c Q_i \eta_{caz} = N_{TA} q_a \qquad (12)$$

În cazul unui consum egal de combustibil în ambele centrale, din ecuaţiile (12) şi (11) se obţine :

$$N_{TA} = N^c_{TA} \frac{\eta_{caz}}{\eta_{CA}} + N^c_{TGu} \frac{q_g/\eta_{CA}}{q_a/\eta_{caz}} \qquad (13)$$

Deoarece $\eta_{caz} < \eta_{CA}$ şi $q_g < q_a$, rezultă că puterea centralei cu turbine cu abur va fi întotdeauna mai mică decît puterea centralei cu ciclu combinat şi consumînd acelaşi combustibil, rezultă că centrala cu ciclu combinat abur-gaze, pentru orice raport între puterile celor două instalaţii, va funcţiona cu un randament mai bun decît centrala cu turbine cu abur.

S-a constatat că centrala cu ciclu combinat posedă un randament cu 4÷8% mai ridicat decît centrala de turbine cu abur (pentru aceiaşi parametri ai aburului) şi dezvoltă o putere cu aproximativ 15% mai mare.

Randamentul centralei cu ciclu combinat este :

$$\eta_{ec} = \frac{N^c}{N^c_{TA}/\eta^c_{TA} + N^c_{TGu}/\eta^c_{TGu}} \qquad (14)$$

în care :

N^c este puterea totală a centralei cu ciclu combinat, în kW ;
$\eta^c_{TA} = \frac{860}{q_a/\eta_{caz}}$ — randamentul părţii de turbină cu abur din centrala combinată ;
$\eta^c_{TGu} = \frac{860}{q_g/\eta_{CA}}$ — randamentul părţii de turbină cu gaz.

Analizînd expresia randamentului — formula (14), rezultă că economicitatea centralei care funcţionează după ciclul combinat depinde de raportul puterilor celor două instalaţii componente şi că valoarea acestei economicităţi este cuprinsă între valorile economicităţilor instalaţiilor componente.

2.2.2. *Comparaţie între randamentul centralei cu ciclu combinat şi centrala cu turbine cu gaze.* Scriindu-se ecuaţiile de bilanţ energetic al instalaţiilor :

— pentru centrala cu turbine cu gaze :

$$G_c Q_i \eta_{CA} = N^G_{TGu} q^G_g \qquad (15)$$

în care :

q^G_g este consumul specific de căldură în centrala cu turbine cu gaze, în kcal/kWh ;
N^G_{TGu} — puterea utilă a centralei cu turbine cu gaze, în kW ;

În cazul cînd şi în centrala cu ciclu combinat consumul de combustibil este acelaşi, comparînd (15) cu (11) rezultă :

$$N^G_{TGu} = N^c_{TGu} \frac{q_g}{q^G_g} + N^c_{TA} \frac{q_a}{q^G_g} \qquad (16)$$

Deoarece $q_a < q^G_g$ şi presupunînd că $q_g = q^G_g$, rezultă că puterea centralei cu ciclu combinat va fi întotdeauna mai mare decît puterea centralei cu turbine cu gaze şi deci centrala cu ciclu combinat va funcţiona cu un randament mai ridicat decît centrala cu turbine cu gaze.

Dacă centrala cu turbine cu gaze este realizată pentru un consum de căldură mai mic decît partea de turbine cu gaze din centrala combinată ($q^G_g < q_g$), iar consumul specific de căldură în centrala cu turbine cu gaze întrece cu puţin consumul de căldură al părţii de abur din centrala combinată, se poate ca centrala cu turbine cu gaze să concureze din punct de vedere al randamentului centrala cu ciclu combinat.

2.3. Influenţa diferiţilor parametri asupra economicităţii ciclului combinat

În baza comparaţiilor făcute, se pot analiza influenţele diferiţilor parametri asupra economicităţii ciclului combinat.

Excesul de aer. La un consum constant de combustibil, variaţia excesului de aer conduce la o redistribuire a puterilor între cele două instalaţii ale ciclului combinat abur-gaze. Mărirea excesului de aer α conduce la o creştere a puterii turbinei cu gaze şi concomitent la o scădere a puterii turbinei cu abur. Scăderea excesului de aer are un efect contrar. Deoarece consumul specific de căldură în turbina cu gaze este mai mare decît la turbina cu abur, rezultă că trebuie ales un exces de aer mic, pentru ca instalaţia combinată abur-gaze să realizeze un randament mare.

Parametrii iniţiali ai aburului. Mărirea parametrilor iniţiali ai aburului micşorează consumul specific de căldură în turbina cu abur a instalaţiei combinate. În cazul cînd raportul de compresie din instalaţia de turbine cu gaze, temperatura gazului la intrarea în turbină şi excesul de aer rămîn constante, pentru acelaşi consum de combustibil, puterea instalaţiei combinate creşte şi în concluzie şi economicitatea ei.

Trebuie subliniat faptul că influenţa creşterii parametrilor aburului este mai eficace în cazul centralelor cu turbine cu abur, decît în cazul centralelor cu instalaţii combinate abur-gaze, datorită faptului că randamentul instalaţiei de turbină cu gaze rămîne constant.

3. Instalaţia combinată de turbine cu abur şi gaze, în care gazele evacuate din turbina cu gaze sînt utilizate pentru preîncălzirea apei de alimentare a cazanului

Prin utilizarea gazelor evacuate din turbină pentru preîncălzirea apei de alimentare a cazanului, prelevările de abur din turbina cu abur

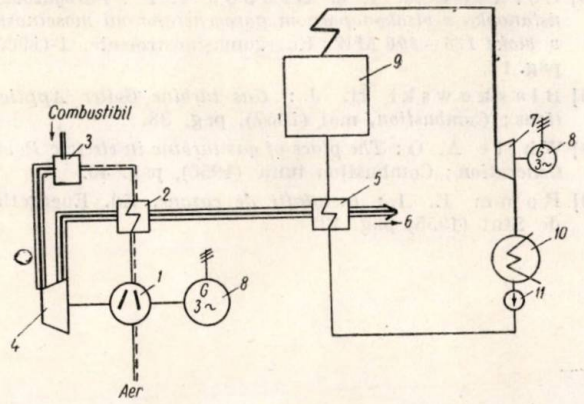


Fig. 4. Schema instalaţiei combinate abur-gaze.
1 — compresor; *2* — recuperator; *3* — cameră de ardere; *4* — turbina cu gaze; *5* — economizor; *6* — evacuarea gazelor; *7* — turbina cu abur; *8* — generator electric; *9* — spre cazan.

scad la acelaşi debit de abur, iar puterea furnizată creşte cu aproximativ 20%. Concomitent creşte şi randamentul centralei. Întrucît acest caz este larg tratat în literatură [8], nu se mai dă în cadrul acestei lucrări dezvoltarea sa teoretică.

În schema din fig. 4 gazele evacuate din turbina cu gaze (*4*) sînt trimise în recuperatorul (*2*), unde este încălzit aerul comprimat, înainte de a intra în camera de ardere (*3*). Din recuperator gazele sînt îndreptate spre economizorul (*5*), în care se încălzeşte apa de alimentare a cazanului.

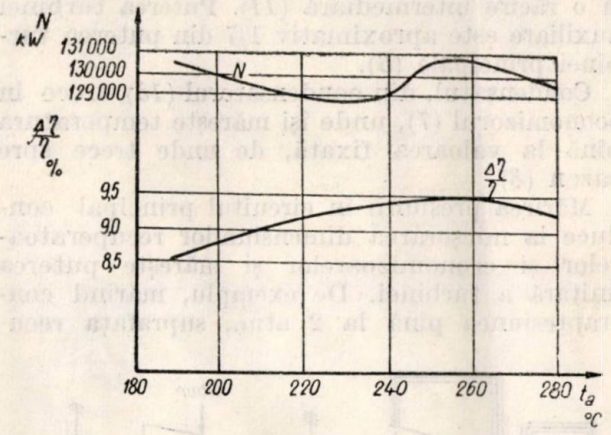


Fig. 5. Variaţia puterii centralei N şi a creşterii procentuale a randamentului $\Delta\eta_e/\eta_e$ în funcţie de temperatura apei de alimentare a cazanului t_a. (Valorile utilizate sînt pentru instalaţia bloc cu turbină BK-200-2).

Avantajul acestei scheme constă şi în faptul că nu afectează funcţionarea cazanelor de abur.

În graficul din fig. 5 este reprezentată variaţia puterii şi a creşterii procentuale a randamentului întregii instalaţii, în funcţie de temperatura apei de alimentare, la ieşirea din economizor.

Din analiza graficului rezultă că o creştere procentuală de randament sensibilă se obţine pentru o temperatură a apei de alimentare la ieşirea din economizorul (*5*), de 220°C. Pentru temperaturi superioare, creşterile de randament devin insensibile.

Cel mai mare dezavantaj al acestei scheme constă în faptul că economizoarele şi recuperatoarele sînt ancombrante.

De exemplu, pentru turbina BK-100-2, pentru încălzirea apei de alimentare pînă la 220°C este necesar un economizor cu o suprafaţă de schimb de căldură de aproximativ 33 000 m².

În scopul măririi puterii unitare a turbinei cu gaze şi al micşorării dimensiunilor recuperatoarelor şi economizoarelor s-a recurs la utilizarea ciclului combinat abur-gaze, semi-deschis.

În această schemă, turbina cu gaze principală (*6*) lucrează cu contrapresiune; gazele evacuate din această turbină, trecînd prin recuperatorul (*4 a*) şi economizorul (*7*), ajung în compresorul (*5*). O parte din gaze intră în camera de ardere (*13*) a turbinei auxiliare. Tot aici pătrunde şi aerul necesar pentru ardere, care este comprimat în compresorul (*10*) şi preîncălzit

în recuperatorul (*4 b*). Gazele arse, după ce au cedat parte din căldura lor în recuperatorul (*4b*), sînt evacuate în atmosferă (*2*).

Turbina auxiliară (*8*) antrenează compresorul în două trepte (*9, 10*) care comprimă aerul ce este furnizat camerei de ardere (*12*) a turbinei principale (*6*). Compresorul în două trepte posedă şi o răcire intermediară (*11*). Puterea turbinei auxiliare este aproximativ 1/7 din puterea turbinei principale (*6*).

Condensatul, din condensatorul (*15*) trece în economizorul (*7*), unde îşi măreşte temperatura pînă la valoarea fixată, de unde trece spre cazan (*3*).

Mărirea presiunii în circuitul principal conduce la micşorarea dimensiunilor recuperatoarelor şi economizoarelor şi măreşte puterea unitară a turbinei. De exemplu, mărind contrapresiunea pînă la 2 atm., suprafaţa recu-

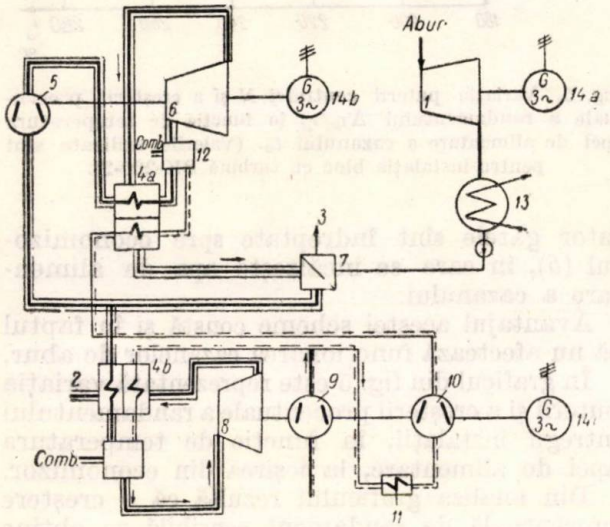


Fig. 6. Schema instalaţiei abur-gaze în circuit semideschis.

1 — turbina cu abur; *2* — evacuarea gazelor; *3* — spre cazan; *4* — recuperator; *5* — compresor principal; *6* — turbina de gaze principală; *7* — economizor; *8* — turbină cu gaze auxiliară; *9* — compresor de înaltă presiune; *10* — compresor de joasă presiune; *11* — răcitor intermediar; *12* — camera de ardere a turbinei principale; *13* — camera de ardere a turbinei auxiliare; *14* — generator electric; *15* — condensator.

peratorului gaze-apă scade cu 25%, pînă la 3 ats. — cu 40%, pînă la 5 ats. — cu 50%, pînă la 10 ats — cu 60%.

În graficul din fig. 7 este reprezentată variaţia puterii şi a randamentului întregii instalaţii în funcţie de contrapresiunea gazelor în turbina principală cu gaze. Pentru toate variantele de calcul temperatura apei de alimentare este 220°C.

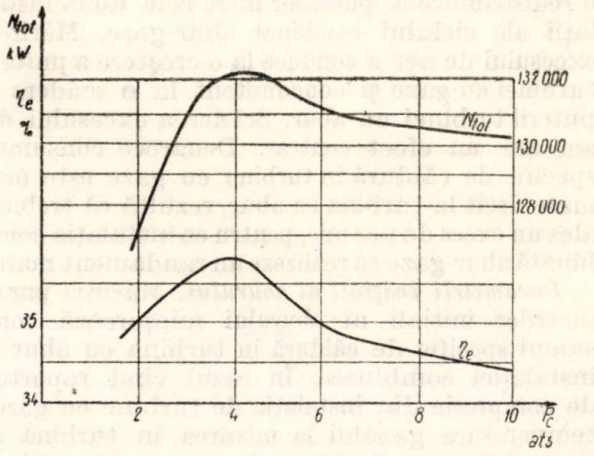


Fig. 7. Variaţia puterii instalaţiei N şi a randamentului η în funcţie de contrapresiunea gazelor în turbina principală.

Bibliografie

[1] Abramovici A. D.: *Combinovante ţicl a parovoi gazovoi turbinami i cotlom pod nadıvom*; Teploenerghetica, 8—1959, pag. 28.

[2] Zaks M. A. şi Stoiarov A. V.: *Parogazovie condensaţionie electrostanţii i ih sravnitelinaia teplovaia efectinosti*; Teploenerghetica, 3—1959, pag. 19.

[3] Gokstein D. P. şi Verhivker G. P.: *Necotorie puti reconstrucţii paroturbinth electrostanţii poparogazovim skemam*; Teploenerghetica, 4-1959, pag. 3.

[4] Kirilov I. I.: *Gazovie turbint i gazoturbinie ustanovki*; Maşghiz 1956.

[5] Corneev M. I. şi Drobot V. P.: *Parogazovaia ustanovka s visokonapornom parogeneratorami moscinostui v bloke 175—200 MW*; Energomaşinostroienie, 1-(1960), pag. 17.

[6] Blaskowski H. J.: *Gas turbine Goiler Applications*; *Combustion*, mai (1957), pag. 38.

[7] White A. O: *The place of gas turbine in electric Power Generation*; Combustion iunie (1956), pag. 49.

[8] Romm E. I.: *Instalaţii de cazane*. Ed. Energetică de Stat (1955) pag. 121

Calculul funcționării în două faze a rețelelor cu autotransformatoare

E. POTOLEA

Interconectarea rețelelor și sistemelor electrice capătă pe zi ce trece o dezvoltare tot mai largă date fiind marile avantaje pe care le prezintă atît din punct de vedere economic cît și din punct de vedere al siguranței de funcționare. În ultimii ani își face loc tendința modernă de a crea mari sisteme internaționale, care să folosească din plin toate avantajele interconectării.

Dată fiind creșterea rapidă a sistemului energetic din țara noastră și ținînd seama de mărețele obiective, cuprinse în planul de dezvoltare al economiei naționale pe anii 1960—1965, rezultă necesitatea de a studia în lumina sarcinilor actuale posibilitatea și avantajele interconectării sistemului energetic național cu sistemele energetice ale țărilor vecine.

Interconectarea unor sisteme electrice naționale, care s-au dezvoltat independent, ridică unele probleme speciale. Una din aceste probleme constă în introducerea unui autotransformator pe linia de interconectare și alegerea parametrilor săi pe baza studiului unor regimuri de funcționare simetrice sau nesimetrice.

Studiul regimurilor nesimetrice în rețelele cu autotransformatoare este insuficient tratat în literatura de specialitate. Pentru acest motiv în cele ce urmează se vor prezenta mai întîi schemele echivalente ale diferitelor autotransformatoare după care se va trece la calculul unor regimuri de funcționare simetrice și nesimetrice. Rezultatele acestor calcule vor permite să se precizeze efectele introducerii autotransformatoarelor cu diferite conexiuni, în vederea alegerii lor cît mai judicioase.

1. Caracteristicile autotransformatoarelor

Autotransformatoarele trifazate, utilizate curent în rețelele electrice, pot fi construite cu flux liber sau cu flux forțat și pot avea pe lîngă înfășurările primare și secundare, o înfășurare suplimentară, terțiară (fig. 1). Înfășurările primare și implicit cele secundare sînt conectate aproape întotdeauna în stea, iar înfășurarea terțiară este conectată în triunghi, cu bornele inaccesibile, avînd același rol ca și înfășurarea analoagă de la transformatoarele trifazate.

Dat fiind că autotransformatorul trifazat are o construcție similară pe cele trei faze, el poate fi reprezentat printr-o schemă monofazată așa cum se arată în fig. 2.

Schema echivalentă a rețelei de succesiune directă, care este identică cu schema echivalentă a rețelei de succesiune inversă, se construiește în același mod ca la transformatoarele obișnuite (fig. 3).

În schema din fig. 3, curenții și tensiunile raportate la înfășurarea primară au fost afectate cu indicele „prim". Impedanțele autotransformatorului au fost afectate cu cîte doi indici. Indicele inferior precizează înfășurarea

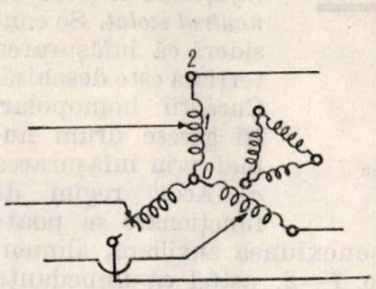


Fig. 1. Autotransformator trifazat cu înfășurare terțiară.

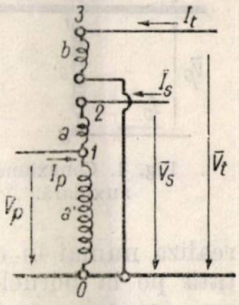


Fig. 2. Schema monofazată a autotransformatorului cu înfășurare terțiară.

căreia îi corespunde impedanța considerată și anume : pentru primar corespunde înfășurarea a', pentru secundar corespunde înfășurarea $a+a'$, iar pentru terțiar corespunde înfășurarea b. Indicele superior a fost introdus pentru a face distincție între impedanțele autotransformatorului considerat (fig. 2) și impedanțele unui alt transformator (fig. 4) avînd aceleași înfășurări.

În cele ce urmează conexiunea autotransformatorului din fig. 2 va fi numită „conexiune

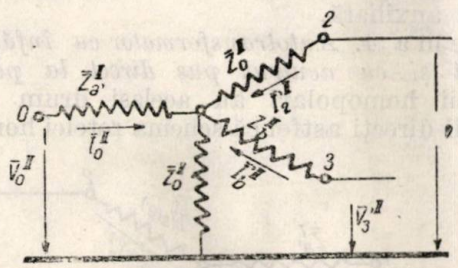


Fig. 3. Schema echivalentă a autotransformatorului cu înfășurare terțiară.

de bază" iar impedanțele corespunzătoare vor fi afectate cu indicele superior I în timp ce conexiunea transformatorului din fig. 4 va fi numită „conexiune auxiliară" iar impedanțele corespunzătoare vor fi afectate cu indicele superior II.

Conexiunea auxiliară și schema sa echivalentă (fig. 5) permit determinarea unor impedanțe care intervin în schema homopolară a autotransformatorului din fig. 2.

Schemele echivalente pentru rețeaua homopolară a autotransformatorului sînt prezentate în fig. 6. Ele au fost construite în ipoteza că autotransformatorul este cu flux liber. În cazul autotransformatorului cu flux forțat, schemele rămîn aceleași însă se modifică valorile impedanțelor.

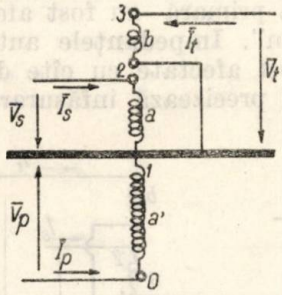


Fig. 4. Conexiunea auxiliară.

S c h e m a 1. *Autotransformator fără înfășurare terțiară cu neutrul izolat.* Se consideră că înfășurarea terțiară este deschisă. Curenții homopolari își găsesc drum numai prin înfășurarea *a*. Acest regim de funcționare se poate realiza numai în conexiunea auxiliară, alimentată pe la bornele *1—2*, astfel că impedanța care intervine va fi impedanța de mers în gol $\overline{Z}_0^{II}$ a conexiunii auxiliare.

S c h e m a 2. *Autotransformator fără înfășurare terțiară cu neutrul pus direct la pămînt.* Se consideră că înfășurarea terțiară este deschisă. Curenții homopolari au același drum ca și curenții direcți astfel încît schema rețelei homopolare este aceeași cu schema rețelei directe a autotransformatorului.

S c h e m a 3. *Autotransformator cu înfășurare terțiară și cu neutrul izolat.* Curenții homopolari își găsesc drum numai prin înfășurările *a* și *b*. Acest regim de funcționare se poate realiza numai în conexiunea auxiliară, alimentată pe la bornele *1—2*, astfel că impedanța care intervine este $\overline{Z}_{ab}^{II}$ din conexiunea auxiliară.

S c h e m a 4. *Autotransformator cu înfășurare terțiară și cu neutrul pus direct la pămînt.* Curenții homopolari au același drum ca și curenții direcți astfel că schema rețelei homopolare este aceeași cu schema rețelei directe a autotransformatorului.

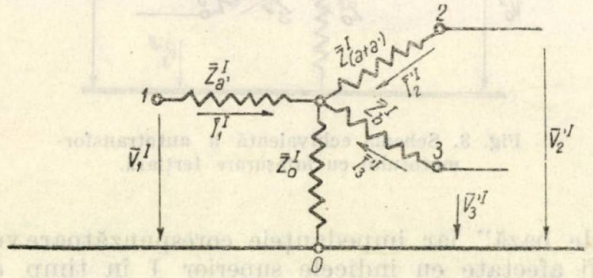


Fig. 5. Schema echivalentă a conexiunii auxiliare.

S c h e m a 5. *Autotransformator cu înfășurare terțiară și cu neutrul pus la pămînt printr-o impedanță.* Pentru construirea schemei echivalente a rețelei homopolare este necesar să se stabilească mai întîi relațiile dintre impedanțele conexiunii de bază și impedanțele conexiunii auxiliare.

Aceste relații pot fi stabilite considerînd trei regimuri de funcționare echivalente în conexiunea de bază și în conexiunea auxiliară.

În primul regim (fig. 7) se alimentează conexiunea de bază (I) pe la bornele *0—2* în timp ce înfășurarea *1* este deschisă iar înfășurarea *3* este scurtcircuitată. Ținînd seama că înfășurările *a* și *a'* sînt dispuse astfel încît tensiunile

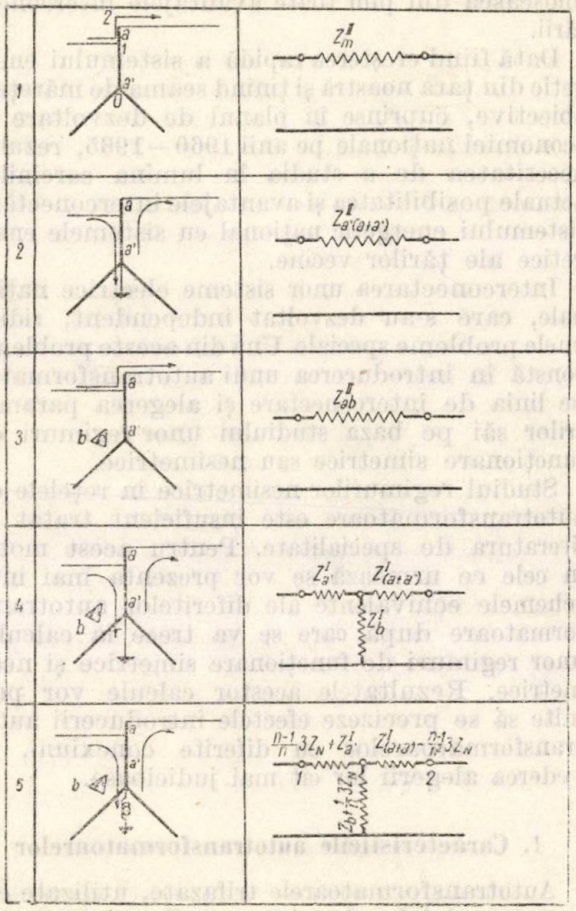


Fig. 6. Schemele homopolare ale autotransformatoarelor

lor la borne se însumează, rezultă că pentru a obține același regim de tensiuni și curenți în conexiunea de bază (*I*) și în conexiunea auxiliară (*II*) este necesar să fie îndeplinite condițiile :

$$\left.\begin{aligned} \overline{V}_2^{I} &= \overline{V}_2^{II} + \overline{V}_0^{II} \\ \overline{I}_2^{I} &= \overline{I}_2^{II} \\ \overline{I}_2^{I} &= \overline{I}_0^{II} \end{aligned}\right\} \qquad (1)$$

Regimul particular considerat poate fi studiat cu ajutorul schemelor echivalente din fig. 3 și 5, în care bornele *3* se conectează la conductorul fictiv de întoarcere așa cum se arată în sche-

mele echivalente din fig. 7. Folosind notațiile din fig. 7 se scriu relațiile :

$$\left.\begin{aligned}\overline{V'}_2^{\mathrm{I}} &= \overline{Z}^{\mathrm{I}}_{(a+a')}\,\overline{I'}_2^{\mathrm{I}} + \overline{Z}_b^{\mathrm{I}}\,\overline{I'}_2^{\mathrm{I}}\\ \overline{V'}_2^{\mathrm{II}} &= \overline{Z}_a^{\mathrm{II}}\,\overline{I'}_2^{\mathrm{II}} + (\overline{I}_0^{\mathrm{II}} + \overline{I'}_2^{\mathrm{II}})\,\overline{Z}_b^{\mathrm{II}}\\ \overline{V}_0^{\mathrm{II}} &= \overline{Z}_{a'}^{\mathrm{II}}\,\overline{I}_0^{\mathrm{II}} + \overline{Z}_b^{\mathrm{II}}\,(\overline{I}_b^{\mathrm{II}} + \overline{I'}_2^{\mathrm{II}})\end{aligned}\right\} \qquad (2)$$

Curenții și tensiunile raportate pot fi exprimate în funcție de curenții și tensiunile reale dacă se cunoaște raportul de transformare al autotransformatorului

$$n = V_{20}/V_{10}$$

$$\left.\begin{aligned}\frac{1}{n}\,\overline{V}_2^{\mathrm{I}} &= \overline{Z}^{\mathrm{I}}_{(a+a')}\,n\,\overline{I}_2^{\mathrm{I}} + \overline{Z}_b^{\mathrm{I}}\,n\,\overline{I}_2^{\mathrm{I}}\\ \frac{1}{n-1}\,\overline{V}_2^{\mathrm{II}} &= \overline{Z}_a^{\mathrm{II}}\,(n-1)\,\overline{I}_2^{\mathrm{II}} + \overline{Z}_b^{\mathrm{II}}\,[\,\overline{I}_0^{\mathrm{II}} +\\ &+ (n-1)\,\overline{I}_2^{\mathrm{II}}\,]\\ \overline{V}_0^{\mathrm{II}} &= \overline{Z}_{a'}^{\mathrm{II}}\,\overline{I}_0^{\mathrm{II}} + \overline{Z}_b^{\mathrm{II}}\,[\,\overline{I}_0^{\mathrm{II}} + (n-1)\,\overline{I}_0^{\mathrm{II}}\,]\end{aligned}\right\} \qquad (3)$$

Ținînd seama de relațiile (1) referitoare la curenți, rezultă din (3) :

$$\left.\begin{aligned}\overline{V}_2^{\mathrm{I}} &= n^2\,[\,\overline{Z}^{\mathrm{I}}_{(a+a')} + \overline{Z}_b^{\mathrm{I}}\,]\,\overline{I}_2^{\mathrm{I}}\\ \overline{V}_2^{\mathrm{II}} &= (n-1)^2\,\overline{Z}_a^{\mathrm{II}}\,\overline{I}_2^{\mathrm{I}} + n\,(n-1)\,\overline{Z}_b^{\mathrm{II}}\,\overline{I}_2^{\mathrm{I}}\\ \overline{V}_0^{\mathrm{II}} &= \overline{Z}_{a'}^{\mathrm{II}}\,\overline{I}_2^{\mathrm{I}} + n\,\overline{Z}_b^{\mathrm{II}}\,\overline{I}_2^{\mathrm{I}}\end{aligned}\right\} \qquad (4)$$

Introducînd (4) în prima relație din (1) și făcînd toate reducerile se obține :

$$\overline{Z}^{\mathrm{I}}_{(a+a')} + \overline{Z}_b^{\mathrm{I}} = \overline{Z}_b^{\mathrm{II}} + \frac{1}{n^2}\,\overline{Z}_{a'}^{\mathrm{II}} + \left(\frac{n-1}{n}\right)^2 \overline{Z}_a^{\mathrm{II}} \qquad (5)$$

În al doilea regim (fig. 8) se alimentează conexiunea de bază (I) pe la bornele *0—2* în timp ce înfășurarea *1* este scurtcircuitată iar înfășurarea *3* este deschisă. Pentru a obține același regim de tensiuni și curenți în conexiunea auxiliară (II) este necesar să fie îndeplinite condițiile :

$$\left.\begin{aligned}\overline{V}_2^{\mathrm{I}} &= \overline{V}_2^{\mathrm{II}}\\ \overline{I}_2^{\mathrm{I}} &= \overline{I}_2^{\mathrm{II}}\end{aligned}\right\} \qquad (6)$$

Conform schemelor echivalente din fig. 8 se poate scrie pentru regimul particular studiat :

$$\left.\begin{aligned}\overline{V'}_2^{\mathrm{I}} &= [\,\overline{Z}^{\mathrm{I}}_{(a+a')} + \overline{Z}^{\mathrm{I}}_{a'}\,]\,\overline{I'}_2^{\mathrm{I}}\\ \overline{V'}_2^{\mathrm{II}} &= (\overline{Z}_a^{\mathrm{II}} + \overline{Z}_{a'}^{\mathrm{II}})\,\overline{I'}_2^{\mathrm{II}}\end{aligned}\right\} \qquad (7)$$

sau :

$$\left.\begin{aligned}\frac{1}{n}\,\overline{V}_2^{\mathrm{I}} &= [\,\overline{Z}^{\mathrm{I}}_{(a+a')} + \overline{Z}^{\mathrm{I}}_{a}\,]\,n\,\overline{I}_2^{\mathrm{I}}\\ \frac{1}{n-1} &\quad\text{-1)}\,\overline{I}_2^{\mathrm{II}}\end{aligned}\right\} \qquad (8)$$

Ținînd seama de relațiile (6) se obține :

$$\overline{Z}^{\mathrm{I}}_{(a+a')} + \overline{Z}^{\mathrm{I}}_{a'} = \left(\frac{n-1}{n}\right)^2 (\overline{Z}_a^{\mathrm{II}} + \overline{Z}_{a'}^{\mathrm{II}}) \qquad (9)$$

În al treilea regim (fig. 9) se alimentează conexiunea de bază (I) pe la bornele *0—1* în timp ce înfășurarea *2* este deschisă iar înfășurarea *3* este scurtcircuitată. Pentru a obține același regim de tensiuni și curenți în conexiunea auxiliară este necesar să fie îndeplinite condițiile :

$$\left.\begin{aligned}\overline{V}_1^{\mathrm{I}} &= -\,\overline{V}_0^{\mathrm{II}}\\ \overline{I}_1^{\mathrm{I}} &= -\,\overline{I}_0^{\mathrm{II}}\end{aligned}\right\} \qquad (10)$$

Conform schemelor echivalente din fig. 9 se scriu relațiile :

$$\left.\begin{aligned}\overline{V}_1^{\mathrm{I}} &= \overline{Z}^{\mathrm{I}}_{a'}\,\overline{I}_1^{\mathrm{I}} + \overline{Z}_b^{\mathrm{I}}\,\overline{I}_1^{\mathrm{I}}\\ \overline{V}_0^{\mathrm{II}} &= \overline{Z}_{a'}^{\mathrm{II}}\,\overline{I}_0^{\mathrm{II}} + \overline{Z}_b^{\mathrm{II}}\,\overline{I}_0^{\mathrm{II}}\end{aligned}\right\} \qquad (10')$$

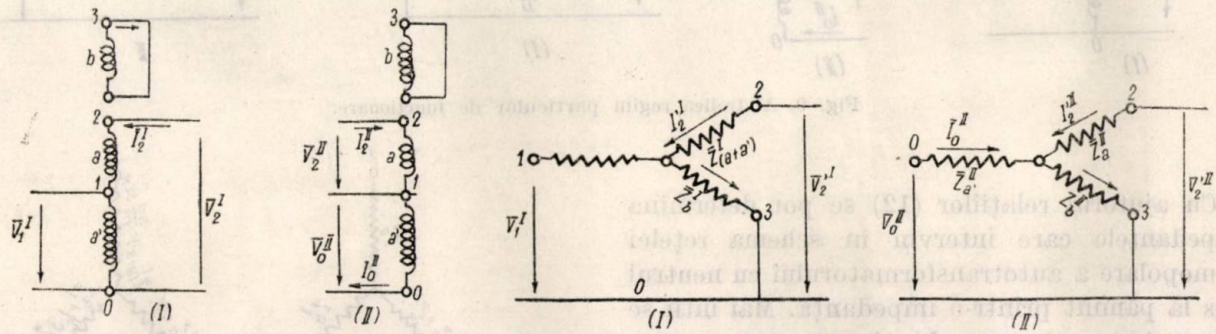


Fig. 7. Primul regim particular de funcționare.

din care rezultă :

$$\overline{Z}^{\mathrm{I}}_{a'} + \overline{Z}_b^{\mathrm{I}} = \overline{Z}_{a'}^{\mathrm{II}} + \overline{Z}_b^{\mathrm{II}} \qquad (11)$$

S-a obținut un grup de trei relații (5), (9), (11) cu ajutorul cărora se pot determina impe-

danțele conexiunii de bază în funcție de impedanțele conexiunii auxiliare și reciproc :

$$\left.\begin{aligned} \bar{Z}^{\mathrm{I}}_{a'} &= \frac{n-1}{n}\,\bar{Z}^{\mathrm{II}}_{a'} \\ \bar{Z}^{\mathrm{I}}_{b} &= \bar{Z}^{\mathrm{II}}_{b} + \frac{1}{n}\,\bar{Z}^{\mathrm{II}}_{a'} \\ \bar{Z}^{\mathrm{I}}_{a+a'} &= \left(\frac{n-1}{n}\right)^2 \bar{Z}^{\mathrm{II}}_{a} - \frac{n-1}{n^2}\,\bar{Z}^{\mathrm{II}}_{a'} \end{aligned}\right\} \qquad (12)$$

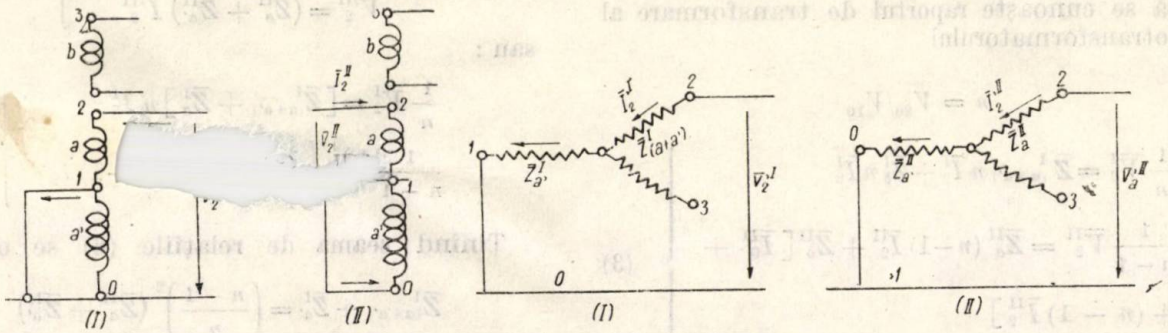


Fig. 8. Al doilea regim particular de funcționare.

și

$$\left.\begin{aligned} \bar{Z}^{\mathrm{II}}_{a'} &= \frac{n}{n-1}\,\bar{Z}^{\mathrm{I}}_{a'} \\ \bar{Z}^{\mathrm{II}}_{b} &= \bar{Z}^{\mathrm{I}}_{b} - \frac{1}{n-1}\,\bar{Z}^{\mathrm{I}}_{a'} \\ \bar{Z}^{\mathrm{II}}_{a} &= \left(\frac{n}{n-1}\right)^2 \bar{Z}^{\mathrm{I}}_{(a+a')} + \frac{1}{n}\,\bar{Z}^{\mathrm{I}}_{a'} \end{aligned}\right\} \qquad (13)$$

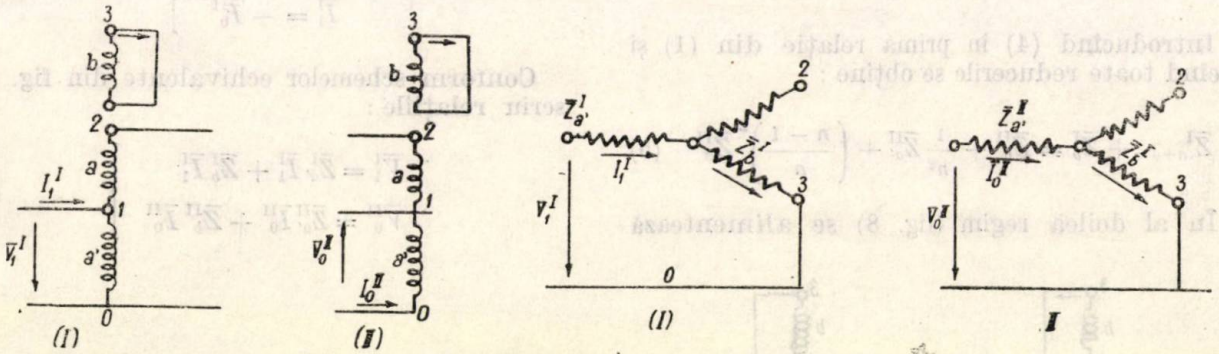


Fig. 9. Al treilea regim particular de funcționare.

Cu ajutorul relațiilor (12) se pot determina impedanțele care intervin în schema rețelei homopolare a autotransformatorului cu neutrul pus la pământ printr-o impedanță. Mai întîi se construiește schema echivalentă pentru conexiunea auxiliară introducînd impedanța $3\bar{Z}_N$ în serie cu $\bar{Z}^{\mathrm{II}}_{a'}$ (fig. 10). Pentru a trece de la schema corespunzătoare conexiunii auxiliare II la cea corespunzătoare conexiunii de bază, se folosesc formulele (12) în care se introduce impedanța $3\bar{Z}_N + \bar{Z}^{\mathrm{II}}_{a'}$ în locul lui $\bar{Z}^{\mathrm{II}}_{a'}$. Se obține :

$$\left.\begin{aligned} (\bar{Z}^{\mathrm{I}}_{a'})_e &= \bar{Z}^{\mathrm{I}}_{a'} + \frac{n-1}{n}\,3\bar{Z}_N \\ (\bar{Z}^{\mathrm{I}}_{b})_e &= \bar{Z}^{\mathrm{I}}_{b} + \frac{1}{n}\,3\bar{Z}_N \\ (\bar{Z}^{\mathrm{I}}_{a+a'})_e &= \bar{Z}^{\mathrm{I}}_{(a+a')} - \frac{n-1}{n^2}\,3\bar{Z}_N . \end{aligned}\right\} \qquad (14)$$

Cu impedanțele date de relațiile (14) se construiește schema echivalentă homopolară a conexiunii de bază I așa cum se arată în fig. 10, *b*.

2. Studiul funcționării în două faze

Fie două sisteme electrice (fig. 11) care trebuie interconectate printr-o linie de lungime

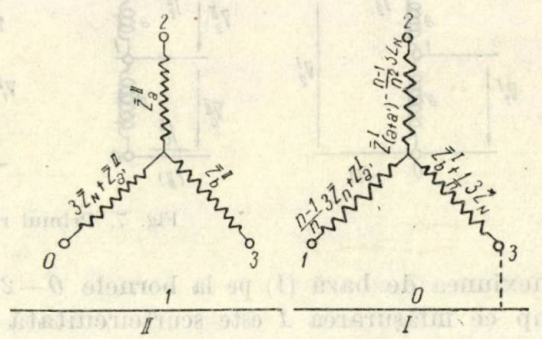


Fig. 10. Schema homopolară a autotransformatorului cu neutrul pus la pământ prin reactanță.

152 km în scopul transmiterii unei puteri de 132 MW din sistemul I în sistemul II.

Ținînd seama de faptul că sistemele s-au dezvoltat independent, se poate admite ca tensiunile barelor B_1 și B_2, impuse de necesitățile consumatorilor să fie de exemplu :

$$U_{B1} = U_{B2} = 220 \text{ kV}.$$

În aceste condiții, interconectarea nu se poate face decît prin intermediul unui auto-

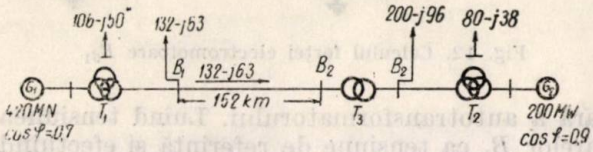


Fig. 11. Schema a două sisteme interconectate. Puterile sînt date în MVA :
T_1 — 480 MVA, T_2 — 240 MVA, T_3 — 160 MVA

transformator (T_3) care va avea rolul să compenseze căderea de tensiune de pe linia de interconexiune.

Pentru o alegere judicioasă a conexiunilor autotransformatorului este necesar să se studieze influența acestora asupra unor regimuri particulare de funcționare, cum este și funcționarea în două faze.

2.1. *Parametrii autotransformatorului de interconexiune.* Efectuînd calculul căderii de tensiune pe linia din interconexiune (Anexa 2) se obține pentru barele B_2 tensiunea $U_{B2} = 193$ kV. Se alege raportul de transformare la mers în gol al autotransformatorului T_3 :

$$n = \frac{220}{191} = 1{,}15, \qquad (15)$$

astfel încît tensiunea barelor B_2 raportată la secundar va fi :

$$U'_{B2} = 193 \cdot 1{,}15 = 222 \text{ kV}.$$

Reactanțele autotransformatorului raportate la înfășurarea secundară se calculează cu ajutorul relațiilor cunoscute, în care intervin caracteristicile $S = 160$ MVA ; $i_0\% = 2{,}5\%$ și tensiunile procentuale de scurtcircuit :

$$\left.\begin{aligned} \varepsilon_{a'(a+a')} &= 6\%\left(1 - \frac{1}{1{,}15}\right) = 0{,}78\% \\ \varepsilon_{a'b} &= \varepsilon_{(a'+a)b} = 17\% \end{aligned}\right\}$$

sau :

$$\left.\begin{aligned} \varepsilon_{a'} &= \varepsilon_{(a+a')} = 0{,}39\%; \\ \varepsilon_b &= 16{,}61\% \end{aligned}\right\}$$

Se obțin următoarele valori pentru reactanțele de succesiune directă sau inversă.

$$\left.\begin{aligned} X_{a'} &= \frac{0{,}39}{100}\frac{222^2}{100} = 1{,}2\ \Omega \\ X_{(a+a')} &= \frac{0{,}39}{100}\frac{222^2}{160} = 1{,}2\ \Omega \\ X_b &= \frac{16{,}61}{100}\frac{222^2}{160} = 51{,}1\ \Omega \\ X_m &= \frac{100}{2{,}5\%}\frac{222^2}{160} = 12.100\ \Omega \end{aligned}\right\} \qquad (16)$$

Parametrii rețelei homopolare se determină pentru cele patru scheme prezentate în fig. 6. Pentru schema 1

$$X_m^{II} = X_m\left(1 - \frac{1}{n}\right) = 12.100\left(1 - \frac{1}{1{,}15}\right) = 1.580\ \Omega$$

Pentru schema 2

$$X^{I}_{a'(a+a')} = X_{a'} + X_{(a+a')} = 1{,}2 + 1{,}2 = 2{,}4\ \Omega.$$

Pentru schema 3 se folosesc relații (13) din care rezultă :

$$X^{II}_{ab} = X^{II}_a + X^{II}_b = \left(\frac{n}{n-1}\right)^2 X^{I}_{(a+a')} - \frac{1}{n(n-1)} X^{I}_{a'} + X^{I}_b = \left(\frac{1{,}15}{1{,}15-1)}\right)^2 \cdot 1{,}2 - \frac{1}{1{,}15\,(1{,}15-1)} \cdot 1{,}2 + 51{,}1 = 97{,}5\ \Omega$$

Pentru schema 4 se folosesc aceleași reactanțe (16) ca și pentru rețeaua directă.

2.2. *Parametrii schemei echivalente a sistemului.* Se calculează parametrii rețelelor directă, inversă și homopolară, raportați la înfășurarea secundară a autotransformatorului T_3.

a) Parametrii liniei. Impedanțele liniei raportate la înfășurarea secundară a autotransformatorului T_3

$$\bar{Z}_{\pi l} = (0{,}1 + j0{,}41)\ 152 \cdot 1{,}15^2 = (20{,}1 + j82{,}4)\ \Omega$$

$$\bar{Z}_{\pi h} = (0{,}1 + j1{,}05)\ 152 \cdot 1{,}15^2 = (20{,}1 + j211)\ \Omega$$

Reactanțele capacitive raportate la secundarul autotransformatorului :

$$X_{cd} = \frac{10^6}{2{,}75 \cdot 152} 1{,}15^2 = 3.110\ \Omega$$

$$X_{ch} = \frac{10^6}{1{,}74 \cdot 152} 1{,}15^2 = 4.900\ \Omega.$$

b) Reactanțele transformatoarelor. Se consideră că transformatoarele T_1 și T_2 cu trei înfășurări sînt de tipul 100%,

100%, 100% și au tensiunile nominale 6,3/38, 5/242 kV. Curentul de magnetizare este $i_0\%_{,} = 2{,}5\%$, iar tensiunile procentuale de scurtcircuit sînt :

$$\varepsilon_{12} = 6\%\,; \quad \varepsilon_{23} = 10{,}5\%\,; \quad \varepsilon_{31} = 17\%$$

$$\varepsilon_1 = 6{,}25\%\,; \quad \varepsilon_2 = -\,0{,}25\%\,; \quad \varepsilon_3 = 10{,}75\%.$$

Se calculează reactanțele de scăpări și de magnetizare conform relațiilor :
Pentru transformatorul T_1

$$X_1 = \frac{\varepsilon_1}{100} \cdot \frac{U_n^2}{S_n} n^2 = \frac{6{,}25}{100} \cdot \frac{242^2}{480} 1{,}15^2 = 10{,}1\ \Omega$$

$$X_2 = \frac{0{,}25}{100} \cdot \frac{242^2}{480} \cdot 1{,}15^2 = -\,0{,}4\ \Omega$$

$$X_3 = \frac{10{,}75}{100} \cdot \frac{242^2}{480} \cdot 1{,}15^2 = 17{,}4\ \Omega$$

$$X_m = \frac{100}{i\%} \cdot \frac{U^2}{S} n^2 = \frac{100}{2{,}5} \cdot \frac{242^2}{480} \cdot 1{,}15^2 = 6.460\ \Omega.$$

Pentru transformatorul T_2

$$X_1 = \frac{\varepsilon_1}{100} \cdot \frac{U_n^2}{S_n} \cdot = \frac{6{,}25}{100} \cdot \frac{242^2}{240} = 15{,}2\ \Omega$$

$$X_2 = \frac{-\,0{,}25}{100} \cdot \frac{242^2}{240} = -\,0{,}6\ \Omega$$

$$X_3 = \frac{10{,}75}{100} \cdot \frac{242^2}{240} = 26{,}1\ \Omega$$

$$X_m = \frac{100}{i\%} \frac{U^2}{S} = \frac{100}{2{,}5} \cdot \frac{242^2}{240} = 9.760\ \Omega.$$

c) Reactanțele generatoarelor. Se consideră reactanțele procentuale

$$X_d\% = 140\,; \qquad X_i\% = 11{,}7\%$$

și se calculează :
Pentru generatorul echivalent G_1 ($P_n = 420$ MW, $\cos\varphi = 0{,}9$)

$$X_d = \frac{X_{d\%}}{100} \cdot \frac{U_n^2}{S_n} \cdot K_1^2 \cdot n^2 \frac{140}{100} \cdot \frac{6{,}3^2}{\frac{420}{0{,}9}} \cdot \frac{242^2}{6{,}32} \cdot$$

$$\cdot\, 1{,}15^2 = 232\ \Omega$$

$$X_i = \frac{11{,}7}{100} \cdot \frac{6{,}3^2}{\frac{420}{0{,}9}} \cdot \frac{242^2}{6{,}32} \cdot 1{,}15^2 = 19{,}4\ \Omega.$$

Pentru generatorul echivalent G_2($P_n = 200$MW, $\cos\varphi = 0{,}9$)

$$X_d = \frac{X_{d\%}}{100} \cdot \frac{U_n^2}{S_n} \cdot K_2^2 = \frac{140}{100} \cdot \frac{6{,}3^2}{\frac{200}{0{,}9}} \cdot \frac{242^2}{6{,}32} = 369\ \Omega.$$

$$X_i = \frac{11{,}7}{100} \cdot \frac{6{,}3^2}{\frac{200}{0{,}9}} \cdot \frac{242^2}{6{,}32} = 30{,}8\ \Omega.$$

d) Calculul tensiunilor și forțelor electromotoare. Pentru calculul forței electromotoare a generatorului G_1 se folosește schema din fig. 12 în care toate reactanțele sînt raportate la înfășurarea secun-

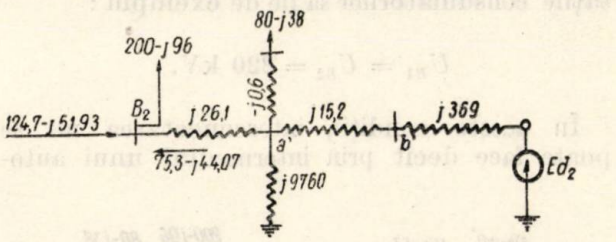


Fig. 12. Calculul forței electromotoare E_{d_1}

dară a autotransformatorului. Luînd tensiunea barelor B_1 ca tensiune de referință și efectuînd calculele (Anexa 2) se obțin următoarele rezultate :

$$U_a = 262\ \text{kV}\,; \qquad \delta_a = 3°59'$$

$$U_b = 270\ \text{kV}\,; \qquad \delta_b = 7°$$

$$E_{d1} = 570\ \text{kV}\,; \qquad \delta_{d1} = 40°55'$$

Pentru calculul forței electromotoare a generatorului G_2 se folosește schema din fig. 13. Luînd tensiunea barelor B_1 ca tensiune de referință și efectuînd calculele (Anexa 2) se obțin următoarele rezultate :

$$U_{a'} = 226{,}8\ \text{kV}\,; \qquad \delta_a = 7°48'$$

$$U_{b'} = 233\ \text{kV}\,; \qquad \delta_b = 5°14'$$

$$E_{d2} = 465\ \text{kV}\,; \qquad \delta_{a2} = 26°46'$$

e) Calculul impedanțelor consumatorilor. Consumatorii de pe barele B_1 și B_2

$$\bar{Z}_{1d} = \frac{U_n^2}{S_1} = \frac{253^2}{132 - j63} = \frac{640\,(1{,}32 + j0{,}63)}{1{,}74 + 0{,}396} =$$

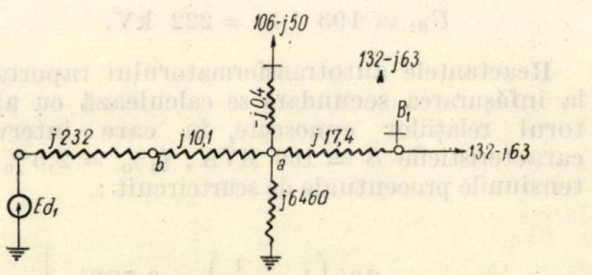


Fig. 13. Calculul forței electromotoare E_{d_2}

$$= (396 + j189)\ \Omega$$

$$\bar{Z}_{2d} = \frac{U_n^2}{S_2} = \frac{221 \cdot 39^2}{200 - j96} = \frac{490\,(2 + j0{,}96)}{4 + 0{,}92} =$$

$$= (199 + j95{,}5)\ \Omega$$

$$\overline{Z}_{1i} = 0{,}4 - Z_{1d} = 0{,}4\,(396 + j189) =$$
$$= (158 + + j75{,}5)$$

$$\overline{Z}_{2i} = 0{,}4 \cdot Z_{2d} = 0{,}4(199 + j95{,}5) =$$
$$= (79{,}6 + j38{,}2)$$

Consumatorii de pe înfășurările terțiare ale transformatoarelor T_1 și T_2

$$\overline{Z}_{T_{1d}} = \frac{262^2}{105 - j50} = \frac{685\,(1{,}06 + j0{,}5)}{1{,}12 + 0{,}25} = (530 + j250)\ \Omega$$

$$\overline{Z}_{T_{2d}} = \frac{226{,}8^2}{80 - j38} = \frac{515\,(0{,}8 + j0{,}38)}{0{,}64 + 0{,}144} = (525 + j250)\ \Omega$$

$$\overline{Z}_{T_{1i}} = 0{,}4\,(525 + j250) = (212 + j100)\ \Omega$$

$$\overline{Z}_{T_{2i}} = 0{,}4\,(525 + j250) = (210 + j100)\ \Omega$$

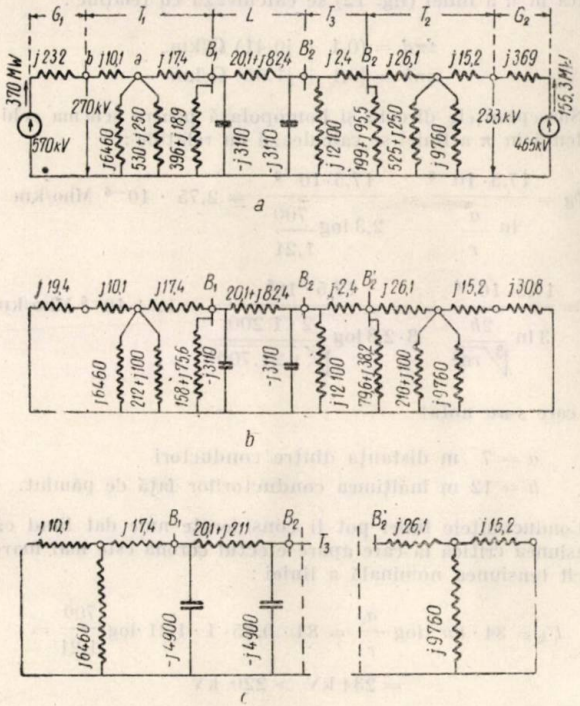


Fig. 14. Schemele rețelelor fictive :
a) — directă ; *b*) — inversă ; *c*) — homopolară

2.3. *Calculul funcționării în două faze.* În fig. 14 sînt date schemele celor trei rețele fictive din teoria componentelor simetrice care pot fi transfigurate (așa cum se arată în anexă) în vederea obținerii schemei echivalente a funcționării în două faze.

Schema echivalentă a funcționării în două faze (fig. 15) este construită în ipoteza că în capătul B_2 al liniei se întrerupe una din fazele liniei.

Se va face calculul puterilor transmise de cele două centrale la funcționarea în două faze în ipoteza că tensiunile la bornele generatoarelor sînt menținute constante datorită acțiunii regulatoarelor de tensiune. În aceste condiții pe schema directă nu mai intervin reactanțele și forțele electromotoare ale generatoarelor ci numai tensiunile lor la borne.

Schema homopolară a autotransformatorului T_3 se va lua în mod corespunzător celor patru cazuri distincte prezentate în fig. 16.

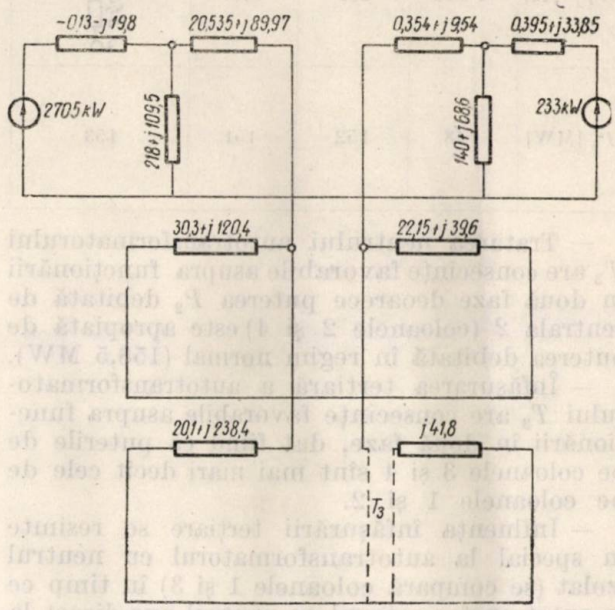


Fig. 15. Schema echivalentă a funcționării în două faze.

Se vor obține astfel schemele de calcul din fig. 16, corespunzătoare celor patru cazuri :

a) neutrul autotransformatorului cu două înfășurări este izolat ;

b) neutrul autotransformatorului cu două înfășurări este pus direct la pămînt ;

c) neutrul autotransformatorului cu trei înfășurări este izolat ;

d) neutrul autotransformatorului cu trei înfășurări este pus direct la pămînt.

Folosind schemele din fig. 16 s-au efectuat calculele în ipoteza că puterea P_1 debitată de centrala cea mai puternică rămîne constantă.

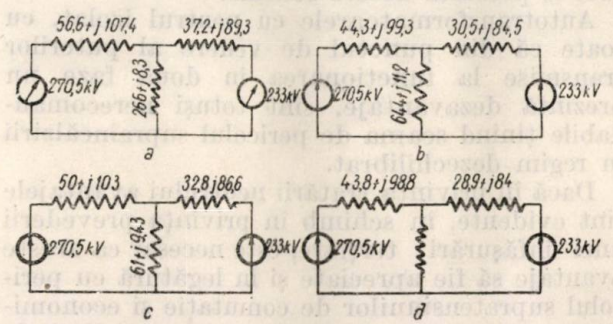
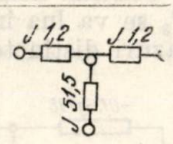


Fig. 16. Calculul funcționării în două faze.

Puterile debitate de centrala a doua în aceste condiții sînt date în tabela de mai jos pentru cele patru cazuri distincte menționate.

Pe baza rezultatelor obținute se pot face următoarele constatări.

Puterile P_2 atunci cînd P_1 = ct.

	1	2	3	4
X_{T_3} [Ω]	1 580	2,4	97,5	
P_2 [MW]	148	152	151	153

— Tratarea neutrului autotransformatorului T_3 are consecinţe favorabile asupra funcţionării în două faze deoarece puterea P_2 debitată de centrala 2 (coloanele 2 şi 4) este apropiată de puterea debitată în regim normal (158,5 MW).

— Înfăşurarea terţiară a autotransformatorului T_3 are consecinţe favorabile asupra funcţionării în două faze, dat fiind că puterile de pe coloanele 3 şi 4 sînt mai mari decît cele de pe coloanele 1 şi 2.

— Influenţa înfăşurării terţiare se resimte în special la autotransformatorul cu neutrul izolat (se compară coloanele 1 şi 3) în timp ce la autotransformatorul cu neutrul pus direct la pămînt influenţa înfăşurării terţiare este neînsemnată (se compară coloanele 2 şi 4).

Din cele de mai sus rezultă că s-ar putea stabili o ordine de preferinţă a autotransformatoarelor şi anume: autotransformatoare cu neutrul pus la pămînt cu şi fără înfăşurare terţiară şi apoi autotransformatoare cu neutrul izolat cu şi fără înfăşurare terţiară.

Se observă totodată că diferenţele între puterile transmise în cele patru cazuri sînt relativ mici şi în consecinţă oricare din aceste scheme poate fi luată în discuţie. Dat fiind aceste rezultate urmează că la alegerea definitivă a schemei de conexiuni, trebuie să se ţină seama şi de alte avantaje şi dezavantaje pe care le prezintă aceste scheme.

Autotransformatoarele cu neutrul izolat, cu toate că din punctul de vedere al puterilor transmise la funcţionarea în două faze nu prezintă dezavantaje, sînt totuşi nerecomandabile ţinînd seama de pericolul supraîncălzirii în regim dezechilibrat.

Dacă în privinţa tratării neutrului avantajele sînt evidente, în schimb în privinţa prevederii unei înfăşurări terţiare, este necesar ca aceste avantaje să fie apreciate şi în legătură cu pericolul supratensiunilor de comutaţie şi economicitatea instalaţiei. Astfel în cazul unei linii de interconexiune de mică lungime pentru care supratensiunile de comutaţie nu sînt periculoase, utilizarea autotransformatorului fără înfăşurare terţiară reprezintă soluţia tehnico-economică cea mai indicată, în timp ce pentru liniile de interconexiune mai lungi, se impune utilizarea autotransformatorului cu înfăşurare terţiară.

ANEXA 1

Alegerea caracteristicilor liniei de interconexiune

Tensiunea nominală a liniei de interconexiune se va lua 220 kV dat fiind că din formula puterii naturale rezultă:

$$U = \sqrt{Z_c \cdot P_n} = \sqrt{400 \cdot 132 \cdot 10^6} = 230.000 \text{ V} = 230 \text{ kV}$$

Considerînd densitatea economică $j_e = 1{,}2$ A/mm² se obţine secţiunea conductorilor:

$$s = \frac{I}{j_e} = \frac{P^2 + Q^2}{3\,U j_e} = \frac{132^2 + 63^2}{1{,}73 \cdot 220 \cdot 1{,}2} = 280 \text{ mm}^2$$

Se alege conductorul 01—A1 — 300 avînd următoarele caracteristici

$$d = 24{,}2 \text{ mm}; \qquad r = 0{,}1 \ \Omega/\text{km}$$
$$x_d = 0{,}41 \ \Omega/\text{km}; \qquad x = 1{,}05 \ \Omega/\text{km}$$

Impedanţele directă şi homopolară pentru schema echivalentă în π a liniei (fig. 12) se calculează cu relaţiile:

$$z\pi d = (0{,}1 + j0{,}41) \ \Omega/\text{km},$$
$$z\pi h = (0{,}1 + j1{,}05) \ \Omega/\text{km}$$

Susceptanţele directă şi homopolară pentru schema echivalentă în π a liniei se calculează cu relaţiile:

$$b_d = \frac{17{,}5 \cdot 10^{-6}}{\ln \frac{a}{r}} = \frac{17{,}5 \cdot 10^{-6}}{2{,}3 \log \frac{700}{1{,}21}} = 2{,}75 \cdot 10^{-6} \text{ Mho/km}$$

$$b_h = \frac{17{,}5 \cdot 10^{-6}}{3 \ln \frac{2h}{\sqrt[3]{ra^2}}} = \frac{17{,}5 \cdot 10^{6}}{3 \cdot 2{,}3 \log \frac{2 \cdot 1\,200}{\sqrt[3]{1{,}21.700^2}}} = 1{,}74 \cdot 10^{-6} \text{ Mho/km}$$

în care s-au notat

$a = 7$ m distanţa dintre conductori

$h = 12$ m înălţimea conductorilor faţă de pămînt.

Conductanţele liniei pot fi considerate nule dat fiind că tensiunea critică la care apare efectul corona este mai mare decît tensiunea nominală a liniei:

$$U_k = 84 \cdot mr \cdot \log \frac{a}{r} = 84 \cdot 0{,}85 \cdot 1 \cdot 1{,}21 \cdot \log \frac{700}{1{,}21} =$$
$$= 234 \text{ kV} > 220 \text{ kV}$$

ANEXA 2

Calculul regimului normal de funcţionare

Se vor determina mai întîi forţele electromotoare şi puterile debitate de generatoarele echivalente G_1 şi G_2 în regim normal folosind schemele din fig. 12 şi 13, după care se va face o verificare a calculului folosind schema echivalentă a reţelei directe din fig. 14 *a*.

— Pentru calculul regimului normal al generatorului G_1 se foloseşte schema din fig. 12 în care reactanţele sînt raportate la înfăşurarea secundară a autotransformatorului

$$U'_{B1} = 220 \cdot 1{,}15 = 253 \text{ kV}$$

$$U_a = 253 + \frac{264 - j126}{253} \cdot j17{,}4 = 261{,}66 + j18{,}15$$

$$U_a = 262 \text{ kV}; \qquad \Delta\delta_a = 3°59'$$

$$\overline{S}_a = 264 - j126 - j17{,}4 \frac{264^2 + 126^2}{253^2} + 106 - j50 - j\frac{262^2}{460} =$$
$$= (370 - j210) \text{ MVA}$$

$$\underline{U}_b = 262 + \frac{370 - j210}{262} j10{,}1 = 270{,}1 + j14{,}25$$

$U_b = 270{,}5$ kW; $\quad \Delta\delta_b = 3°01'$

$$\underline{S}_b = 370 - j210 - j\frac{370^2 + 210^2}{262^2} 10{,}1 = (370 - j236{,}6) \text{ MVA}$$

$$\underline{E}_{d_1} = 270{,}5 + \frac{370 - j236^2}{270{,}5} j232 = 4735 + j318$$

$E_{d_1} = 570$ kV; $\quad \Delta\delta_{d_1} = 33°55'$

Decalajul forței electromotoare față de tensiunea barelor B_1 va fi:

$$\Delta\delta_a + \Delta\delta_b + \Delta\delta_{d_1} = 3°59' + 3°01' + 33°55' = 40{,}°55'$$

– Pentru calculul regimului normal al generatorului G_2 se folosește schema din fig. 13.

Puterea la începutul liniei este:

$$\underline{S}_{L_1} = \underline{S}_{B_1} - jQ_{c_1} = 132 - j63 - j\frac{1}{2} 3{,}22 \cdot 10^{-4} 253^2 =$$

$$= (132 - j73{,}15) \text{ MVA}$$

Puterea la sfîrșitul liniei:

$$\underline{S}_{L_2} = \underline{S}_{L_1} - \underline{S}_L = 132 - j73{,}15 - \frac{132^2 + 73{,}15}{253^2} ((20{,}1 - j82{,}4) =$$

$$= (124{,}7 - j46{,}55) \text{ MVA}$$

Tensiunea și puterea pe barele B_2

$U'_{B_2} = 222 \cdot 1{,}15 = 255$ kV; $\quad \Delta\delta'_{B_2} = -9°40'$

$$\underline{S}'_{B_2} = \underline{S}_{L_2} - jQ_{C_2} = 124{,}7 - j46{,}55 - j\frac{1}{2} 3{,}22 \cdot 10^{-4} \cdot 255^2 =$$

$$= (124{,}7 - 756{,}85) \text{ MVA}$$

Tensiunea și puterea la ieșirea din autotransformatorul T_3:

$$\underline{U}_{B_2} = \underline{U}'_{B_2} - \frac{1}{222} (1\,124{,}7 - 756{,}85)\, j2{,}4 = 221{,}39 - j1{,}35$$

$U_{B_2} = 221{,}4$ kW; $\quad \Delta\delta_{B_2} = -0°23'$

$$\underline{S}_{B_2} = 124{,}7 - j56{,}85 + j\frac{124{,}7^2 + 56{,}85^2}{222^2} 2{,}4 + j\frac{2{,}5}{100} 160 =$$

$$(124{,}7 - j51{,}93) \text{MVA}$$

Folosind notațiile din fig. 13 se calculează:

$$\underline{U}_a = 221{,}39 + \frac{75{,}3 - j44{,}07}{221{,}39} j\ 26{,}1 = 225{,}59 + j8{,}86$$

$U_a = 226{,}8$ kV; $\quad \Delta\delta_a = 2°15'$

$$\underline{S}_a = 75{,}3 - j44{,}07 + 80 - j38 \frac{75^2 + 44{,}07^2}{221{,}39^2} j26{,}1 - j\frac{2{,}5}{100} 240 =$$

$$(155{,}3 - j92{,}12) \text{ MVA}$$

$$\underline{U}_b = 226{,}8 + \frac{155{,}3\ j92{,}12}{226{,}8} j15{,}2 = 232{,}97 + j10{,}4$$

$U_o = 233$ kV; $\quad \Delta\delta_b = 2°34'$

$$\underline{S}_b = 1.55, - j92{,}12 - j\frac{155..3^2 + 92{,}12^2}{226{,}8^2} 15{,}2 =$$

$$(155{,}3 - j101{,}82) \text{ MVA}$$

$$\underline{E}_d = 233 + \frac{153{,}3 - j101{,}82}{233} j369 = 394{,}3 + j246 \text{ kV}$$

$E_{d_1} = 465$ kV; $\quad \Delta\delta_{d_1} = 32°$

Decalajul forței electromotoare față de tensiunea barelor B_1

$$\Delta\delta'_{B_2} + \Delta\delta_{B_2} + \Delta\delta_a + \Delta\delta_b + \Delta\delta_{d_2} =$$

$$= 9°40' - 0°23' + 2°15' + 2°34' + 32° = 26{,}46$$

Pentru a verifica rezultatele obținute la studiul regimului normal se folosește rețeaua directă din fig. 14, *a* care după transfigurări succesive capătă aspectul din fig. 17.

Efectuînd calculele se obține:

$$\underline{Z}_{11} = 345 \quad \underline{|75°20'}$$

$$\underline{Z}_{22} = 475 \quad \underline{|80°40'}$$

$$\underline{Z}_{12} = 475 \quad \underline{|42°30'}$$

și

$$P_{11} = \frac{E_1^2}{Z_{11}} \sin \alpha_{11} + \frac{E_1 E_2}{Z_{12}} \sin (\delta_{12} - \alpha_{12}) =$$

$$= \frac{570^2}{345} \sin 14°40' + \frac{570{,}465}{1\,970} \sin (14°09' + 42°30') = 359 \text{ MW}$$

$$P_{22} = \frac{E_2^2}{Z_{22}} \sin \alpha_{22} - \frac{E_1 E_2}{Z_{12}} \sin (\delta_{12} + \alpha_{12}) =$$

$$= \frac{465^2}{475} \sin 9°20' - \frac{570{,}475}{1\,970} \sin (14°09' - 42°30') = 158{,}5 \text{ MW}$$

Comparînd valorile obținute aci $P_{11} = 359$ MW; $P_{22} = 158{,}5$ MW cu valorile obținute anterior $P_{b_1} = 370$ MW; $P_{b_2} = 155{,}3$ MW, se constată că erorile sînt sub 3% ceea ce este acceptabil pentru un calcul estimativ efectuat cu rigla de calcul.

Bibliografie

[1] B. I. Rozemberg: *Komplexntie shemt zameşcenia trehfaznth reteipri necotorth vidah asimetrii.* Electricestvo nr. 1 1957.

[2] A. B. Cervin: *Corotchie zamicania pri niepolnofaznth rejimah electriceschih sistem* G.E.I.-1952.

[3] P. S. Jdanov: *Ustoicivosti electriceschih sistem* G.E.I. – 1948.

[4] L. M. Marcovici: *Regimt energheticeschih sistem* G.E.I. – 1957.

[5] I. C. Vagner și R. D. Vagner: *Simetrical components* New-York, Mebrow Hill – 1933.

[6] V. Rădulescu: *Funcționarea în două faze a liniilor trifazate de înaltă tensiune cu neutrul pus direct la pămînt.* Energetica Nr. 6-1960.

[7] E. Potolea: *Scheme echivalente pentru studiul regimurilor de funcționare a rețelelor electrice.* Buletinul Academiei R.P.R. Filiala Iași Anul *IX* (1958) Fasc. 2.

[8] E. Potolea: *Schémas équivalents des systèmes électriques obtenus à l'aide du calcul matriciel.* Buletinul Institutului Politehnic București. Tom. *XX* – 1958. Fascicola 4.

O nouă metodă de calcul pentru fundațiile încastrate elastic

Ing. AL. VAICUM – ISPE

A. GENERALITĂȚI

Fundațiile încastrate elastic au un domeniu larg de aplicare la stîlpii liniilor aeriene de transport al energiei electrice, la stîlpii liniilor de tramvai, de troleibus, de cale ferată, la stîlpii cadrelor din stațiile de transformare etc.

Problema dimensionării acestor fundații, deși a constituit încă de la începutul secolului al XX-lea o preocupare continuă în diferite țări, datorită complexității ei, nu a fost complet rezolvată, cu toate că s-a elaborat un număr mare de metode de calcul [25–30]. Nici una dintre aceste metode nu cuprinde toate aspectele problemelor întîlnite la dimensionarea acestor fundații (acțiunea apei subterane, luarea în calcul a solului vegetal, volumul solului activ etc.). De asemenea dimensiunile reduse în general ale acestor fundații de cele mai multe ori determină pe proiectantul lipsit de o privire de ansamblu să utilizeze metodele cele mai acoperitoare la dimensionare, care elimină controversele teoretice și aduc un spor oarecum redus de materiale. Este necesar însă să se precizeze că în Directivele Congresului al III-lea al P.M.R. se arată că, pe lîngă alte construcții importante, pînă în anul 1965 se vor construi circa 23 000 km de linii de înaltă tensiune, la care, dacă se adaugă și stîlpii necesari liniilor de joasă tensiune pentru electrificări urbane, electrificări rurale, pentru electrificarea căilor ferate etc., se ajunge la un număr de circa 1 000 000 de stîlpi, deci același număr de fundații, și dacă la fiecare fundație s-ar aduce o economie de numai 200 lei, rezultă o economie totală de 200 000 000 lei, care reprezintă un cuantum important de fonduri de investiții.

Metodele de calcul elaborate pînă în prezent se pot grupa în două mari categorii :

I. Metode bazate pe presiuni admisibile

Aceste metode determină momentul admisibil al fundațiilor, punînd condiția ca la sarcinile maxime de exploatare, în nici un punct al terenului să nu fie depășită presiunea lui admisibilă (Fröhlich, Mohr etc.). În general, aceste metode dau rezultate acoperitoare la dimensionare și nu mai sînt astăzi decît rar utilizate. Totuși, au avantajul că utilizează caracteristicile terenului cele mai constante și mai ușor de determinat : greutatea volumetrică, presiunea admisibilă etc.

II. Metode bazate pe stările limită

Principiul stărilor limită utilizează la maximum capacitatea portantă a materialelor, fapt care a determinat oficializarea metodelor bazate pe acest principiu, în unele țări mai avansate (U.R.S.S.), pentru dimensionarea secțiunilor din beton armat, din metal etc. Cele mai multe metode moderne de calcul al fundațiilor se bazează de asemenea pe acest principiu.

După cum se știe, sînt 3 stări limită :

1) Starea limită de deformații ;
2) „ „ a capacității portante ;
3) „ „ de fisurare.

La calculul fundațiilor s-au utilizat pînă în prezent numai primele două stări limită.

1. Unele metode de calcul utilizate mai ales în Elveția (metodele : Sulzberger, Stötzner etc.) consideră că, sub acțiunea sarcinilor orizontale maxime din exploatare, rotația fundației nu trebuie să depășească o anumită valoare, $\operatorname{tg} \alpha < 0{,}01$, deși capacitatea portantă a fundației nu a fost depășită. Aceste metode prezintă două mari inconveniente :

– nu utilizează capacitatea totală de rezistență a terenurilor ;

– deformațiile terenului (coeficienții de pat) sînt caracteristice foarte variabile de la teren la teren și în funcție de umiditate și sînt greu de determinat cu o precizie suficientă, fapt care determină ca la dimensionare să se aplice valori minime.

2. Alte metode de calcul (sovietică, suedeză) se bazează pe starea limită a capacității portante, considerînd că sub acțiunea sarcinilor limită fundația își pierde capacitatea portantă prin depășirea rezistenței la forfecare a terenului și formarea a două prizme de lunecare — una în sensul de acțiune a rezultantei forțelor orizontale (fața fundației) și cealaltă în sens invers (în spatele fundației). În R.P.R. se aplică, în cele mai multe cazuri, metoda bazată pe acest principiu.

Aceste metode, deși foarte înaintate, dau totuși o serie de dificultăți la proiectare și prezintă unele neconcordanțe.

a) *Nu reflectă în mod real fenomenul la limită.* Ultimele cercetări întreprinse în U.R.S.S. și Franța au arătat că fenomenul la limită este diferit la fundațiile puțin adînci, $h/b < \lambda$ (h – distanța de la suprafața solului la partea inferioară a fundației ; b – latura cea mai mică a tălpii fundației) și la fundațiile profunde, $h/b > \lambda$. În ceea ce privește valorarea lui λ, părerile nu sînt încă fixate : în U.R.S.S. $\lambda \approx 3$,

iar în Franța $\lambda \geqslant 5$. S-a constatat că la fundațiile puțin adînci la limită, în fața fundației nu se formează o prizmă de lunecare, ci numai compactări, fără a se forma zone plastice pronunțate, în timp ce în spatele fundației pe porțiunea de la centrul de rotație 0 la partea inferioară (fig. 1), sub acțiunea presiunilor, se va forma o prizmă de lunecare. Deci, la fundațiile puțin adînci se atinge mai întîi starea limită a capacității portante.

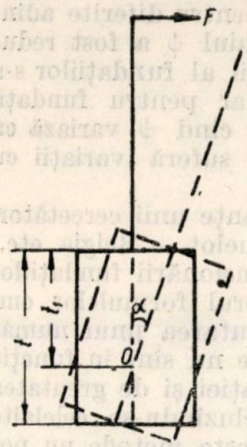


Fig. 1.

La fundațiile profunde, rezistența la forfecare a terenului este sporită datorită greutății importante a terenului ce se află deasupra tălpii; de aceea presiunile care se exercită de pereții fundației asupra terenului sînt importante și, la limită, în partea din față a fundației se formează zone plastice importante, care au o dezvoltare profundă în adîncime $(0{,}5 - 2{,}0)\ b$. Aceasta dă naștere la apariția unor deformații importante ce nu pot fi admise în exploatare, deci se atinge starea limită de deformare, în timp ce capacitatea portantă nu este încă epuizată. Și la încercările piloților ($h/b > \lambda$) supuși la sarcini orizontale s-a constatat că ei nu se smulg din teren, ci apar deformații pronunțate sub suprafața solului. Deci, la fundațiile profunde nu apar prizme de lunecare.

Elaborarea unei metode de calcul generale mixte bazate atît pe principiile teoriei elasticității cît și a plasticității, care să cuprindă ambele stări limită și care să dea rezultate destul de apropiate de realitate, nu a fost pînă acum pusă la punct.

b) *Rezistența la tăiere a terenului* este în funcție de unghiul de frecare interioară al terenului φ (înclinarea dreptei intrinseci), iar la terenuri coezive se adaugă și aportul favorabil al coeziunii C. Determinarea acestor parametri este destul de incertă în laborator, deoarece metodele aplicate nu reflectă fidel fenomenul real de încărcare, iar rezultatele diferă după metoda ce se aplică. Astfel, la determinările executate pentru încercările suedeze, conduse de Zetterholm, unghiul de frecare interioară a fost egal cu 43° sau 35°, după cum s-a aplicat metoda forfecării triaxiale sau a forfecării simple, deci o variație de circa 20%.

c) *Fundațiile încastrate elastic* au cea mai mare aplicabilitate la liniile aeriene pentru transportul energiei electrice (95%), ale căror trasee se întind pe zeci și sute de km, deci terenuri cu stratificații diferite. Aceasta necesită un număr mare de foraje și probe de laborator, de unde rezultă *un preț ridicat al studiilor* de teren și un timp îndelungat pentru elaborarea referatului geotehnic pe baza căruia se face dimensionarea fundațiilor.

d) *Problema exprimării în calcul a rezistenței la lunecare* este destul de controversată, și anume dacă să se ia ca bază, un singur parametru: unghiul de taluz natural (ψ), sau doi parametri: unghiul de frecare interioară (φ) și coeziunea (c). Metoda sovietică utilizează un singur parametru, ψ, iar metoda suedeză dă formule separate de dimensionare pentru terenuri necoezive pure ($c = 0$) și pentru terenuri coezive pure ($\varphi = 0$). Modul cum se determină unghiul ψ din cei doi parametri: φ și c nu este indicat în prescripțiile sovietice de calcul. Literatura de specialitate indică două metode:

— Formula prof. N. N. Maslov, folosită la verificarea stabilității taluzelor după metoda taluzului stabil

$$\operatorname{tg} \psi = \operatorname{tg} \varphi + \frac{c}{p}$$

Această formulă este valabilă însă numai între anumite limite, deoarece obținem rezultate contrare față de realitate dacă considerăm $p = 0$ (deci la suprafața terenului) $\frac{c}{p} = \infty$. Dar limitele de valabilitate a formulei nu sînt precizate în literatură; de aceea pentru terenuri cu o coeziune mai mare, destul de des întîlnite în practică, apar unghiuri de taluz natural prea mari, cu mult diferite de cele date în prescripții și în literatura de specialitate.

— Formula lui Rankine

$$p_p = \frac{1}{2} \cdot \gamma \cdot H^2 N_\varphi + cH \sqrt{N_\varphi}$$

care, de asemenea, pentru valori mai mari ale coeziunii dă unghiuri de taluz natural ψ ce nu se pot utiliza în proiectare.

Alți autori recomandă valori empirice; astfel, prof. Titovici recomandă
$\psi = 1{,}80\ \varphi$ pentru terenuri coezive tari,
$\psi = 1{,}30\ \varphi$ pentru terenuri coezive în stare plastică;
$\psi = 1{,}00\ \varphi$ pentru terenuri coezive în stare curgătoare.

TNIPS, în metoda de calcul elaborată, consideră pentru terenuri coezive un spor de $5 - 10°$ al unghiului φ în raport de umiditatea terenului. După cum se observă, valoarea unghiului de taluz natural se obține cu o incertitudine destul de mare, și desigur referatul geotehnic și proiectantul se situează pe o valoare mai aproape de limita inferioară, ceea ce duce la supradimensionări.

e) *Unghiul ψ este o caracteristică puternic influențată de umiditate.* Astfel, în „Prescripțiile sovietice de calcul" elaborate de Ministerul Centralelor Electrice, ediția 1950, în tabela cu caracteristicile geotehnice ale diferitelor feluri de teren, se observă că pentru argila nisipoasă sau nisipul argilos cu umiditate naturală $\psi = 40°$, iar pentru același teren saturat cu apă $\psi = 20°$, deci o variație de 50%. De asemenea, nisipul fin uscat are $\psi = 35°$, cel umed $\psi = 25°$, iar cel saturat cu apă $\psi = 15°$. Umiditatea terenurilor de fundații poate varia destul de mult în timp, mai ales la cele macroporice sau la cele unde nivelul apei subterane este variabil și se poate urca mai sus de partea inferioară a fundației.

Acest lucru necesită dublarea probelor de laborator atît cu umiditate naturală cît și în stare saturată.

f) *Pentru calculul împingerii pasive a terenului* se consideră valabilă teoria lui Coulomb, deci suprafața terenului și a fundației este plană, de asemenea suprafața de lunecare, iar sub acțiunea sarcinilor exterioare se consideră că fundația exercită presiuni constante asupra terenului pe toată adîncimea lui. În realitate, fundația se rotește în jurul unui punct 0, iar presiunile exercitate asupra terenului nu au aceeași valoare pe toată adîncimea gropii de fundație.

g) *Ceea ce agravează lipsa de precizie în determinarea parametrilor φ și c este faptul că metodele bazate pe aceste caracteristici sînt foarte sensibile.* Astfel, în tabelele 1 și 2 se observă că pentru o serie de fundații-bloc (fără trepte) cu baza dreptunghiulară, pentru diferite adîncimi de fundare, cînd unghiul ψ a fost redus cu 14,5%, momentul capabil al fundațiilor s-a redus în medie cu 22%, iar pentru fundații cu baza pătrată cu 28%; cînd ψ variază cu 30% capacitatea portantă suferă variații cu 42,5 % și respectiv 49 %.

Față de aceste neconcordanțe unii cercetători (A. Lazard — Franța, Ramelot — Belgia etc.) au propus rezolvarea dimensionării fundațiilor încastrate elastic cu ajutorul formulelor empirice elaborate după executarea unui număr important de încercări, care nu sînt în funcție decît de dimensiunile fundației și de greutatea volumetrică a solului, excluzîndu-se celelalte caracteristici de teren. Aceste metode nu pot fi recomandabile din mai multe motive :

— formulele empirice nu sînt valabile decît pentru un anumit tip de fundații și cu variații restrînse ale dimensiunilor și valabile pentru terenurile cele mai obișnuite. Deci, pentru a

Tabela 1

Calculul comparativ al fundațiilor după diferite metode cînd coeficienții geotehnici ψ și p variază cu 14,5%

Fundații cu baza dreptunghiulară $2{,}0 \times 1{,}5 \times h$

Nr. crt.	Adîncimea de îngropare h	Metode bazate pe unghiul ψ					Metode bazate pe presiuni (p)					Observații
		Momente limită					Momente limită					
		Cu unghiul $\psi = 35°$		Redus cu 14,5% ($\psi = 30°$)		Reducerea medie %	cu $p = 1{,}0$ kg/cm²		Redus cu 14,5% ($p = 0{,}855$)		Reducerea medie %	
		În Kg m.	%	În Kgm.	%		În kgm.	%	kgm.	%		
1	2,0	39.800	100	32.900	83,0		45.300	114	42.000	106		p = pres. admisibilă sub talpă la 1 m adîncime
2	2,5	66.800	100	51.800	77,5		66.700	100	60.400	90,5		
3	3,0	104.100	100	79.600	76,5	22 %	96.800	93	87.100	83,5	9,4 %	
4	3,5	150.800	100	117.000	77,5		134.800	89,5	120.300	80		
5	4,0	214.800	100	162.800	76,0		184.800	86	163.600	76		
Fundații cu baza pătrată $1{,}0 \times 1{,}0 \times h$												
6	2,0	14.940	100	10.800	72		13.560	91	11.900	79,5		
7	2,5	27.600	100	19.820	72		24.010	87	21.000	76,0		
8	3,0	45.700	100	33.300	73	28 %	38.970	85	39.900	74,0	11 %	
9	3,5	73.000	100	52.050	71,5		59.170	81	51.200	70,0		
10	4,0	108.600	100	77.600	71,5		85.500	79	73.800	68,0		

Tabela 2

Calculul comparativ al fundațiilor după diferite metode cînd coeficienții geotehnici ψ și p variază cu 30%

Fundații cu baza dreptunghiulară 2,0 × 1,6 × h

Nr. crt.	Adîncimea de îngropare h în m	Metodă bazată pe unghiul ψ					Metodă bazată pe presiuni (p)					Observații
		Momente limită					Momente limită					
		Cu unghiul $\psi = 35°$		Cu unghiul redus cu 30° $\psi° = 24°$		Reducerea medie față de $\psi = 35°$	Cu $p = 1$ kg/cm²		Redus cu 30% $p = 0,7$ kg/cm²		Reducerea medie față de $p = 1,0$ kg/cm²	
		kg m	%	kgm	%		kgm	%	kgm	%		
1	2,0	39.800	100	26.300	66		45.300	114	38.400	96,5		
2	2,5	66.800	100	40.300	60		66.700	100	54.600	82,0		
3	3,0	104.100	100	58.700	56	42,5%	96.800	93	76.700	73,5	19%	
4	3,5	150.800	100	81.800	54		134.800	89,5	104.800	69,5		
5	4,0	214.800	100	113.100	53		184.200	86	140.800	66	-	
Fundații pătrate $a = b = 1,0$ m												
6	2,0	14.940	100	7.660	51		13.560	91	10.170	68		
7	2,5	27.600	100	13.920	50,5		24.010	87	17.660	64		
8	3,0	45.700	100	23.000	50,5	49,7%	38.970	85	28.460	62,5	22,5%	
9	3,5	73.000	100	35.200	48,5		59.170	81	42.800	58,5		
10	4,0	108.600	100	52.100	48,0		85.500	79	61.600	57,0		

cuprinde întreaga gamă de tipul de fundații și de toate dimensiunile amplasate atît în terenuri obișnuite cît și în terenuri slabe, sau cu apă subterană, sau în terenuri foarte bune, ar fi necesar un număr mare de formule empirice bazate pe o cantitate mare de încercări executate într-un timp îndelungat și care la proiectare ar produce unele dificultăți la alegerea formulei celei mai adecuate;

— nu se utilizează progresele realizate de mecanica solurilor, care ne pune la dispoziție o serie de elemente foarte utile și ne dă metode științifice de cercetare.

Deci este necesară elaborarea unei metode analitice generale, care să cuprindă întreaga varietate de fundații încastrate elastic, bazată pe ultimele realizări ale științei și care să necesite studii cît mai reduse și eficace de teren.

B. DESCRIEREA NOII METODE DE CALCUL

Pentru elaborarea noii metode s-a ținut seama de următorii factori:

1). Planul de electrificare a R.P.R. este în plină dezvoltare, construindu-se pînă în 1965 un număr important de km de linii de transport și distribuție a energiei electrice. Acest fapt necesită măsuri eficiente de cercetare și de elaborare într-un timp scurt a metodelor celor mai economice de calcul. De aceea noua metodă nu s-a putut baza pe un plan larg de încercări și studii de laborator care să se întindă pe o perioadă de 4—5 ani, cum s-a procedat la elaborarea altor metode de calcul mai utilizate (încercările lui A. Lazard, 1950—1955, încercările suedeze, 1954—1958, etc.). De aceea s-a cercetat și analizat în mod critic materialul experimental și teoretic întocmit la elaborarea metodelor anterioare în alte țări, și pe baza lui, aducîndu-se îmbunătățirile și completările necesare, s-a ajuns la noua metodă de dimensionare ce s-a verificat pe o serie de încercări publicate în literatura de specialitate.

În acest mod s-a reușit să se economisească fondurile necesare pentru încercări și s-a redus considerabil timpul de cercetare.

2). S-a căutat să se elaboreze o metodă cît mai completă, care să cuprindă toate aspectele întîlnite la proiectare (efectul apei subterane, aportul solului vegetal, volumul solului activ etc.).

3). S-a căutat să se utilizeze ultimele date ale științei, dar care sînt bine cunoscute, urmînd ca pentru părțile neclare ale fenomenului

la limită să se scoată din materialul experimental relații suplimentare, care să completeze ecuațiile de echilibru și să permită stabilirea formulelor de dimensionare.

Problema fundațiilor încastrate elastic se pune astfel (fig. 2):

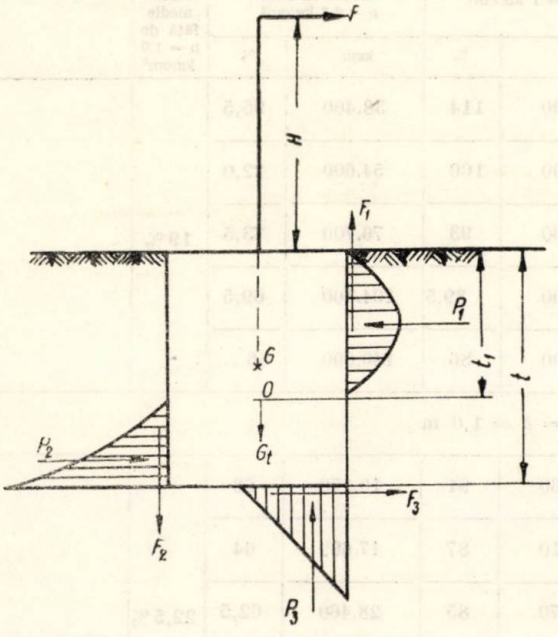


Fig. 2.

Sub acțiunea forțelor exterioare, fundația tinde să se rotească în jurul unui punct O, ce se află sub centrul de greutate. Stabilitatea fundației trebuie asigurată de reacțiunile laterale ale terenului (P_1 și P_2), de reacția terenului de sub talpa de fundație (P_3), de sarcina totală verticală (G_t) și de forțele de frecare (F_1, F_2 și F_3). Pentru determinarea momentului limită, este necesar să cunoaștem și distanțele de la forțele arătate mai sus pînă la centrul de rotație O. Deci problema este nedeterminată. Pentru aflarea tuturor necunoscutelor este necesară scrierea unor ecuații suplimentare. Ipotezele ce se fac pentru scrierea acestor ecuații suplimentare au dat naștere la numărul atît de mare de metode de calcul.

Majoritatea metodelor elaborate pînă în prezent au căutat să utilizeze ecuații suplimentare bazate pe deformațiile terenului, considerînd valabilă legea lui Hooke, și anume că efortul într-un anumit punct este proporțional cu produsul dintre tangenta unghiului de rotație, distanța de la centrul de rotație pînă la acel punct și caracteristica de deformație a terenului. Ultimele cercetări au dovedit că aceste ipoteze nu sînt reale, deoarece terenul de fundație este eterogen, iar soluri diferite se comportă diferit la compresiune. Deformațiile chiar ale aceluiași teren variază sensibil cu umiditatea, care nu este constantă nici chiar pe adîncimea aceleiași gropi de fundație. De asemenea mărimea deformațiilor este în funcție și de suprafața de rezemare, destul de variabilă la fundațiile de stîlpi. Unghiul de rotire este influențat destul de mult de frecările care apar în timpul solicitării. De aceea este necesar să se aleagă alte ipoteze pentru scrierea ecuațiilor suplimentare.

Noua metodă de calcul se bazează pe următoarele principii:

1). Cercetările experimentale și teoretice au arătat că, pînă la atingerea stadiului limită, terenul de fundații suportă numai presiuni, striviri, deci în teren apar numai eforturi unitare de compresiune, atît în fața fundației cît și în spatele fundației. Cînd s-a atins stadiul limită, apar diferențieri între fundațiile puțin adînci și cele profunde. Datorită acestui motiv, momentul limită a fost considerat cînd s-au atins *presiunile limită*, deci puțin înainte de a se produce pierderea reală a capacității portante prin formarea unei prizme de alunecare sau prin atingerea limitei de deformații datorită apariției zonelor plastice pronunțate în teren.

2). Pentru concretizarea acestui stadiu în formulele de dimensionare și pentru scrierea ecuațiilor suplimentare, eliminîndu-se caracteristicile de deformații ale terenului, din analiza materialului experimental existent în literatura de specialitate din alte țări s-au determinat raporturile, în acest stadiu limită, dintre eforturile unitare maxime care apar în teren, σ_1/σ_2 și σ_3/σ_2 (σ_1 — efortul unitar maxim lateral în partea superioară a fundației; σ_2 — efortul unitar maxim lateral în partea inferioară a fundației; σ_3 — efortul unitar maxim sub talpa fundației).

Pentru a se putea aplica aceste principii, a fost necesar în prealabil a se rezolva următoarele probleme.

a) *Legea de repartiție a eforturilor laterale în teren*, cînd s-a atins starea limită considerată.

În decursul timpurilor au fost elaborate mai multe păreri în ceea ce privește repartiția

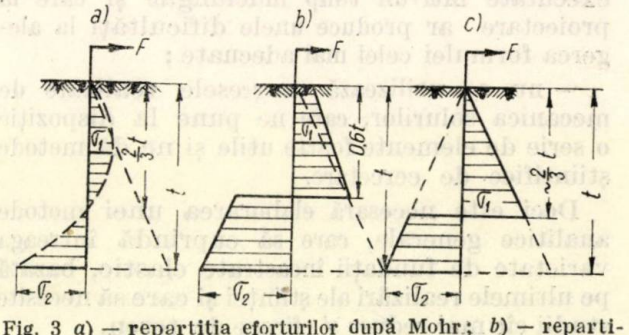


Fig. 3 *a*) — repartiția eforturilor după Mohr; *b*) — repartiția eforturilor după Krey; *c*) — repartiția eforturilor după metoda sovietică

eforturilor laterale în teren. Marea majoritate a metodelor consideră valabilă repartiția sub formă de parabolă a lui Mohr (fig. 3, *a*). Metoda sovietică propune o repartiție triunghiulară (fig. 3, *c*), iar Krey propune o repartiție trapezoidală cu centrul de rotație la 0,6 t (fig. 3,*b*).

Ultimele cercetări sovietice au arătat că, făcîndu-se măsurători cu doze de presiune acționate electric așezate pe fețele laterale ale unui stîlp îngropat în teren, forma diagramei repartiției presiunilor în teren este o parabolă, cu valoarea maximă a efortului (σ_1) la mijlocul distanței între centrul de rotație și suprafața terenului.

Mărimea însă a lui σ_1 este mai mare decît aceea presupusă de Mohr, și datorită acestui fapt, prin metoda Mohr, se obțin coeficienți de siguranță mult mai mari decît cei necesari. Pentru remedierea acestei situații, este nevoie să multiplicăm valoarea lui σ_1 cu un coeficient K, pe care îl determinăm din încercările analizate.

b) *Legea de variație a presiunilor limită cu adîncimea.* S-a căutat să se aplice o metodă simplă de variație și care să utilizeze presiuni admisibile, caracteristici bine studiate pentru diferite feluri de teren, prevăzute în prescripții oficiale și ușor determinate în laborator.

Mohr de asemenea a dat o lege simplă de variație a presiunilor admisibile de sub talpă, și anume : presiunile cresc linear cu adîncimea. A fost adoptată aceeași repartiție lineară, dar presiunea unitară de bază (p) va fi presiunea admisibilă sub talpă la 1 m adîncime. Deci, presiunea admisibilă sub talpă la o anumită adîncime t (metri) va fi

$$\sigma_a = p \times t \qquad (1)$$

În prescripțiile oficiale (STAS 3503—52) și în referatul geotehnic se dau presiunile admisibile la 2 m adîncime.

Pentru determinarea lui p, se va împărți cu 2 valoarea presiunii admisibile la 2 m adîncime.

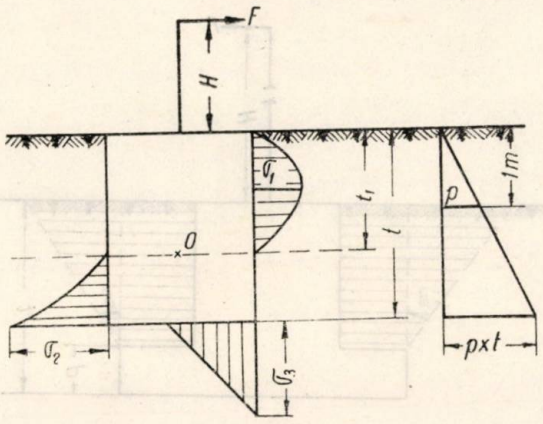


Fig. 4.

În acest mod se determină simplu valoarea lui p.

c) *Raportul,* σ_1/σ_2 (fig. 4). Atît din rezultatele mai vechi ale încercărilor, cît și din cercetările mai recente executate în U.R.S.S. se constată că valoarea acestui raport este egală aproximativ cu

$$\sigma_1/\sigma_2 = \frac{1}{3} \text{ sau } \sigma_1 = \frac{\sigma_2}{3}. \qquad (2)$$

Într-adevăr, încercările făcute în 1955 de Institutul de cercetări și proiectări de căi ferate din U.R.S.S. au arătat că acest raport la o sarcină redusă este egal cu 1, după aceea raportul crește progresiv ajungînd 1/2 la o sarcină medie și spre limită ajungînd la valoarea 3, iar la limită depășește această valoare.

d) *Raportul* σ_3/σ_2. Pentru determinarea acestui raport este necesar, în primul rînd, să găsim o relație de legătură între presiunile admisibile de sub talpă, ale căror valori putem să le determinăm în orice punct al terenului din groapa de fundație, după cum s-a arătat mai înainte, și presiunile limită laterale. Încercările analizate, chiar cele mai recente, nu au măsurători electrice ale eforturilor unitare care iau naștere în teren (sau nu au fost publicate), dar din literatura de specialitate recentă (1958) reiese că raportul între presiunea limită laterală și presiunea admisibilă de sub talpă la aceeași adîncime este de 1/1,3. Deci, dacă notăm :

p_{LL} — presiunea limită laterală la 1 m adîncime,

p — presiunea admisibilă sub talpă la 1 m adîncime, există relația

$$\frac{p_{LL}}{p} = \frac{1}{1{,}3}. \qquad (3)$$

Valoarea raportului σ_3/σ_2 este diferită la fundațiile prizmatice față de fundațiile cu talpă.

La fundațiile prizmatice, presiunea de sub talpă nu atinge valoarea limită, capacitatea portantă a fundației fiind dată de rezistența laterală a terenului.

Din măsurătorile executate se constată că pentru fundațiile prizmatice cu mărimea maximă a laturii bazei de 1,8—2,0 m, la pierderea capacității portante, presiunea maximă de sub talpă atinge valoarea presiunii admisibile, adică $p \times t$.

Pentru fundații mai mari, presiunea maximă de sub talpă este în jur de $\sigma_3 = 1{,}3\ p \times t$. Deoarece fundațiile de stîlpi prizmatice nu au dimensiuni în plan mai mari de 2 m de cele mai multe ori, nefiind economice, s-a admis ipoteza

$$\sigma_3 = p \times t \qquad (4)$$

iar raportul va fi :

$$\frac{\sigma_3}{\sigma_2} = \frac{p \times t}{\frac{p \times t}{1{,}3}} = 1{,}3. \qquad (5)$$

— Pentru fundațiile în trepte se atinge mai întîi valoarea limită a presiunii de sub talpă. Din încercările executate de Fröhlich și Bürklin se constată că valoarea maximă a presiunii de sub talpă, cînd a fost epuizată capacitatea portantă a fundației, este în jur de :

$$\sigma_3 = 2 \times p \times t \qquad (6)$$

deci

$$\frac{\sigma_3}{\sigma_2} = \frac{2 \times p \times t}{\frac{p \times t}{1,3}} = 2,6 .$$

Într-adevăr, pentru fundația nr. 1 a lui Fröhlich, pentru care σ_a (2 m) = 3,04 kg/cm², la sarcina maximă la vîrf de 5 000 kg s-a atins $\sigma_3 = 6,24$, deci $\frac{6,24}{3,04} = 2,08 \approx 2,0$.

La încercarea fundației nr. 19 Bürklin, $\sigma_a = 2,3$ kg/cm², iar la sarcina limită de 5570 kg valoarea lui $\sigma_3 = 4,2$ kg/cm²

$$\frac{4,2}{2,3} = 1,83 \approx 2,0 .$$

Cu aceste raporturi stabilite putem determina și valoarea coeficientului K de multiplicare a lui σ_1.

După Mohr, momentul admisibil al unei fundații este

$$M_a = \frac{\sigma_2}{2} \cdot \frac{a\, t^2}{6} . \qquad (7)$$

Vom calcula momentele admisibile pentru fundația IV încercată de Sulzberger

$$p = 1,5 \text{ kg/cm}^2$$

$$a = 1,35\text{m}\ t = 2,5\text{m}\ \ \sigma_2 = \frac{1,5 \times 2,5}{1,3} = 29\ t/\text{m}^2$$

$$M_a = \frac{29}{2} \times \frac{1,35 \times 2,5^2}{6} = 20,4\ t\,\text{m}$$

$$M_{incre} = 3,450 \times 14,50 = 50,0\ t\,\text{m} .$$

$$\frac{M_{inc}}{M_a} = \frac{50,0}{20,4} = 2,45$$

Coeficientul de siguranță teoretic al fundației este $C = 1,5$, deci

$$K = \frac{2,45}{1,5} = 1,63 \approx 1,7.$$

Aceasta este valoarea medie a coeficientului de multiplicare K. Cu această valoare vom multiplica σ_1.

e) O problemă destul de controversată și care nu a fost rezolvată pînă acum este volumul solului activ al fundației, care este antrenat la rotația fundației și care contribuie la stabilitatea ei (fig. 5).

După Fröhlich, valoarea unghiului se lua constantă și egală cu 30° și se considera numai la fundațiile cu talpă. Metodele mai moderne germane (Süberkrüb) de asemenea recomandă 30°. Bürklin și Sulzberger dau diferite unghiuri fără să rezolve problema. Metoda sovietică consideră $\beta = 0$, iar metoda suedeză consideră β variabil între 0—21° și recomandă să fie luat de 14° și numai la fundațiile cu talpă. Din analiza încercărilor studiate la elaborarea acestei metode și din calcularea unui număr important de fundații, se constată că unghiul β este în funcție de unghiul de frecare și de adîncimea $(t - d)$, adică de grosimea stratului de pămînt ce se află deasupra tălpii de fundație

$$\operatorname{tg} \beta = \frac{2,6}{(t-d)^3} \cdot \operatorname{tg} \varphi .$$

Pentru ușurarea calculului la proiectare a fost întocmită o diagramă care dă tg β funcție de unghiul φ și de distanță $(t - d)$. Pentru valorile intermediare, se va interpola. Diagrama începe de la valoarea lui $(t - d) = 1,4$ m, pînă la această adîncime $\beta = 30°$. Valoarea unghiului de frecare se va lua în funcție de natura terenului din tabela 4. Unghiurile de frecare mai mari de 45° se vor considera egale cu 45%, iar pentru valori mai mari $(t - d)$ de 3 m se vor considera egale cu 3 m (fig. 6).

f) În ceea ce privește valoarea coeficientului de frecare μ între pereții de beton ai fundației și teren, ea variază pentru terenuri cu umidi-

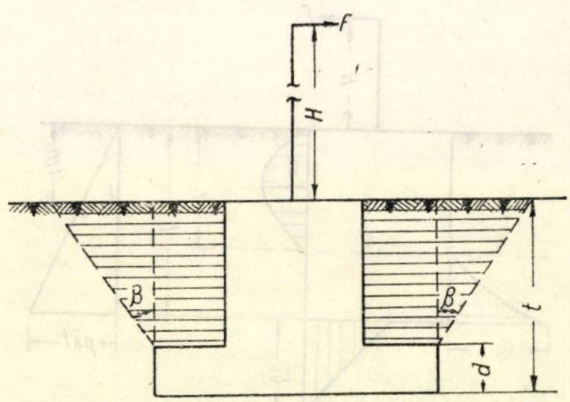


Fig. 5.

tate naturală între 0,3 — 0,5 (0,3 pentru argile și 0,5 pentru pietrișuri), iar pentru terenuri sub apă $\mu = 0,2 - 0,4$. Dacă referatul geotehnic nu precizează valoarea lui μ, se poate lua $\mu = 0,4$, deoarece momentul limită variază

puțin în raport cu valoarea lui μ; astfel pentru o variație a lui μ cu 50% momentul limită variază cu 2—3 %.

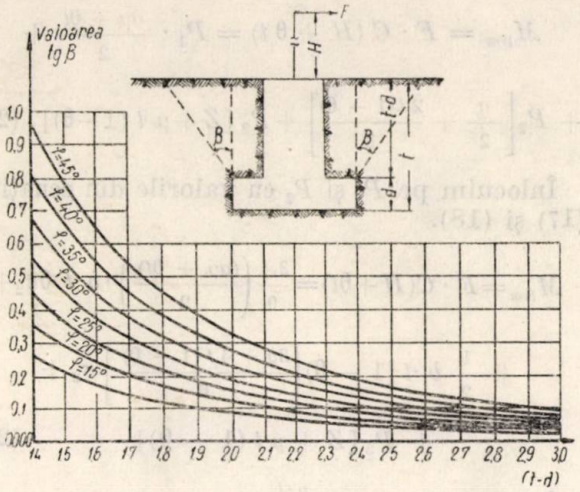


Fig. 6. Diagramă pentru calculul solului activ la fundații cu trepte.

C. ELABORAREA FORMULELOR DE DIMENSIONARE

Pe baza principiilor enunțate mai sus, se vor stabili formule de dimensionare separat pentru fundații-bloc (fără trepte) și pentru fundațiile cu trepte.

În această lucrare nu au fost cuprinse fundațiile stîlpilor introduși direct în teren, cunoscute sub denumirea de fundații forate sau burate, deși formulele de dimensionare se pot elabora după aceleași principii ca cele arătate mai înainte în această lucrare.

Acest lucru se datorește, în primul rînd, faptului că nu au fost găsite în literatura de specialitate încercări pe acest gen de lucrări și care să cuprindă toate datele necesare pentru a se putea verifica metoda elaborată, cum s-a procedat cu fundațiile - bloc prizmatice sau fundațiile cu trepte. Deci, pentru definitivarea unei metode de calcul al fundațiilor forate sau burate, va fi necesară executarea unor încercări ce necesită timp și ar întîrzia eventuala oficializare a metodei elaborate pentru fundațiile-bloc și cu trepte.

De asemenea, pentru ca metoda de calcul să fie completă și aplicabilă la fundații burate, vor trebui întocmite și instrucțiuni de execuție precise; în caz contrar condițiile de lucru pot schimba caracteristicile terenului în limite foarte largi.

O lucrare ulterioară va face obiectul dimensionării fundațiilor forate și burate.

1. Fundații-bloc (fără trepte) (fig. 7)

Facem următoarele notații:

F — rezultanta forțelor orizontale;
C — coeficientul de siguranță;
P_1, P_2, P_3 — reacțiile terenului;
G_t — greutatea stîlpului cu echipament + greutatea fundației + eventualele sarcini utile verticale;
F_1, F_2, F_3 — forțele de frecare;
$\mu = \mu_1 = \mu_2 = \mu_3$ — coeficientul de frecare între beton și teren;
H — distanța de la suprafața solului la F;
a — latura fundației paralelă cu direcția forței F;
b — latura fundației perpendiculară pe direcția forței F.

Scriem ecuațiile de proiecții

$$F \cdot C - P_1 + P_2 + F_3 = 0 \qquad (8)$$

$$G_t - P_3 - F_1 + F_3 = 0. \qquad (9)$$

Înlocuim valoarea forțelor de frecare (considerînd $\mu_1 = \mu_2 = \mu_3 = \mu$)

$$F \times C - P_1 + P_2 + \mu P_3 = 0 \qquad (10)$$

$$G_t - \mu P_1 + \mu P_2 - P_3 = 0, \qquad (11)$$

înmulțim ecuația 10 cu $-\mu$ și o adunăm cu ecuația (11)

$$G_t - F \times C \times \mu - P_3 (1 + \mu^2) = 0 \qquad (12)$$

$$P_3 = \frac{G_t - F \times C \times \mu}{1 + \mu^2}. \qquad (13)$$

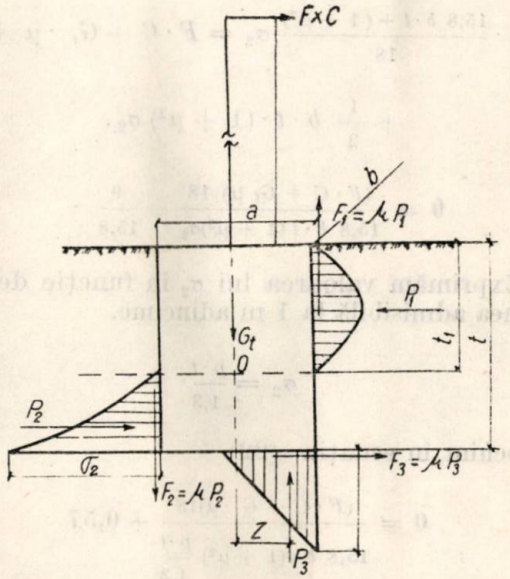


Fig. 7.

Înmulțim ecuația (11) cu $+\mu$ și o adunăm cu ecuația (10).

$$F \times C + G_t \times \mu + P_2(1+\mu^2) - P_1(1+\mu^2) = 0. \qquad (14)$$

Scriem valoarea forțelor P_1 și P_2

$$P_1 = \frac{2}{3} \times b \times \sigma_1 \times t_1 \times K = \frac{1{,}7 \times 2}{3} \cdot b \times \sigma_1 \times t_1 \qquad (15)$$

$$P_2 = \frac{1}{2} b \times \sigma_2 (t - t_1). \quad (16)$$

Facem înlocuirea

$$t_1 = \theta t; \quad \sigma_1 = \frac{\sigma_2}{3}$$

și obținem

$$P_1 = \frac{3,4}{3} \times b \times \frac{\sigma_2}{3} \times \theta t = \frac{3,4}{9} \times b \cdot t \cdot \theta \sigma_2 \quad (17)$$

$$P_2 = \frac{1}{2} b \times \sigma_2 (t - \theta t) = \frac{1}{2} \times b \cdot t (1 - \theta) \sigma_2 \cdot \quad (18)$$

Înlocuim valorile lui P_1 și P_2 în ecuația (14)

$$F \times C + G_t \cdot \mu + \frac{1}{2} \times b \times t(1 - \theta)\sigma_2(1 + \mu^2) - \frac{3,4}{9}\sigma_2 \cdot$$

$$b \cdot t \theta (1 + \mu^2) = 0 \quad (19)$$

Scoatem valoarea lui θ și astfel obținem poziția centrului de rotire *0*.

$$F \times C + G_t \mu + \frac{1}{2} b \cdot t (1 + \mu^2) \sigma_2 - \frac{1}{2} b \cdot t \cdot$$

$$\cdot (1 + \mu^2)\sigma_2 \cdot \theta - \frac{3,14}{9} b \cdot t \cdot (1 + \mu^2) \sigma_2 \cdot \theta = 0 \quad (20)$$

$$\theta \cdot \frac{15,8\ b \cdot t + (1 + \mu^2)}{18} \sigma_2 = F \cdot C + G_t \cdot \mu +$$

$$+ \frac{1}{2} b \cdot t \cdot (1 + \mu^2) \sigma_2. \quad (21)$$

$$\theta = \frac{(F \cdot C + G_t \mu)\ 18}{15,8\ b \cdot t (1 + \mu^2)\sigma_2} + \frac{9}{15,8} \cdot \quad (22)$$

Exprimăm valoarea lui σ_2 în funcție de presiunea admisibilă la 1 m adîncime.

$$\sigma_2 = \frac{p \cdot t}{1,3}$$

înlocuim în ecuația (22)

$$0 = \frac{(F \cdot C + G \cdot \mu)18}{15,8\ b \cdot t(1 + \mu^2)\ \frac{p \cdot t}{1,3}} + 0,57 \quad (23)$$

$$\theta = \frac{1,48\ (F \cdot C + G_t \cdot \mu)}{(1 + \mu^2) \cdot b \cdot t^2 \cdot p} + 0,57 \quad (24)$$

Valoarea lui p se exprimă în t/m^2

Scriem în continuare ecuația de momente în raport cu centrul de rotire (0)

$$M_{lim} = F \cdot C (H + \theta t) = P_1 \cdot \frac{\theta t}{2} + \mu P_1 \cdot \frac{a}{2} +$$

$$+ \mu P_3 (t - \theta t) + P_3 \cdot Z + P_2 \mu \cdot \frac{a}{2} + P_2 \cdot \frac{2}{3} \cdot (t - \theta t). \quad (25)$$

$$M_{lim} = F \cdot C (H + \theta t) = P_1 \cdot \frac{a\mu + \theta t}{2} +$$

$$+ P_2 \left[\frac{a}{2} + \frac{2t(1 - \theta)}{3} \right] + P_3 [Z + \mu t (1 - \theta)] \quad (26)$$

Înlocuim pe P_1 și P_2 cu valorile din ecuațiile (17) și (18).

$$M_{lim} = F \cdot C(H + \theta t) = \frac{3,4}{9} \left(\frac{(a\mu + \theta t)}{2} \right) \cdot b \cdot t \cdot \theta \sigma_2 +$$

$$+ \frac{1}{2} b \cdot t (1 - \theta) \left[\frac{3a + 4t(1 - \theta)}{6} \right] \sigma_2 +$$

$$+ P_3 [Z + \mu t (1 - \theta)] \quad (27)$$

Înlocuim pe $\sigma_2 = \frac{p \cdot t}{1,3}$

$$M_{lim} = F \cdot C(H + \theta t) = b \cdot t^2 \cdot p \left\{ \frac{3,4}{9 \cdot 1,3 \cdot 2} (a\mu + \theta t)\theta + \right.$$

$$\left. + \frac{1}{1,3 \cdot 2 \cdot 6} (1 - \theta) [3a\mu + 4t(1 - \theta)] \right\} +$$

$$+ P_3 [Z + \mu t (1 - \theta)]. \quad (28)$$

Pentru determinarea lui Z din diagrama de repartiție a eforturilor sub talpă, putem scrie valoarea lui P_3 :

$$P_3 = \frac{1}{2} \sigma_3 \cdot 1 \cdot b \quad (29)$$

l = latura orizontală a repartiției triunghiulare a eforturilor de sub talpă.

$$l = \frac{2P_3}{b \cdot \sigma_3}; \quad \sigma_3 = p \cdot t$$

$$l = \frac{2P_3}{b \cdot p \cdot t} \quad (30)$$

$$Z = \frac{a}{2} - \frac{1}{3} = \frac{a}{2} - \frac{2P_3}{3b \cdot p \cdot t}. \quad (31)$$

Desfacem parantezele, grupăm termenii și introducem și valoarea lui Z din ecuația (31) și obținem :

$$M_{lim} = F \cdot C(H + \theta t) = \frac{bt^2}{15,6} \cdot p [2t(3,2\theta^2 - 4\theta + 2) +$$

$$+ 3a\mu(1 - 0,2\theta)] + P_3 \left[\frac{a}{2} - \frac{2P_3}{3b \cdot t \cdot p} + \mu t(1 - \theta) \right] \cdot$$

(32)

Cu ajutorul acestei formule determinăm momentul limită al fundației.

De aici putem obține forța limită orizontală aplicată la distanța H de la suprafața solului

$$F_{lim} = \frac{M_{lim}}{H + \theta t}. \qquad (33)$$

II. Fundații cu trepte (fig. 8)

Aceleași notații ca la fundația bloc. Proiecția pe orizontală.

$$F \cdot c - P_1 + P_2 + P_3 \mu = 0. \qquad (34)$$

Proiecția pe verticală :

$$G_t - \mu P_1 + \mu P_2 - P_3 = 0. \qquad (35)$$

Înmulțim ec. (35) și o adunăm cu (34).

$$G_t \mu + F \cdot c - P_1 (1+\mu^2) + P_2 (1+\mu^2) = 0. \qquad (36)$$

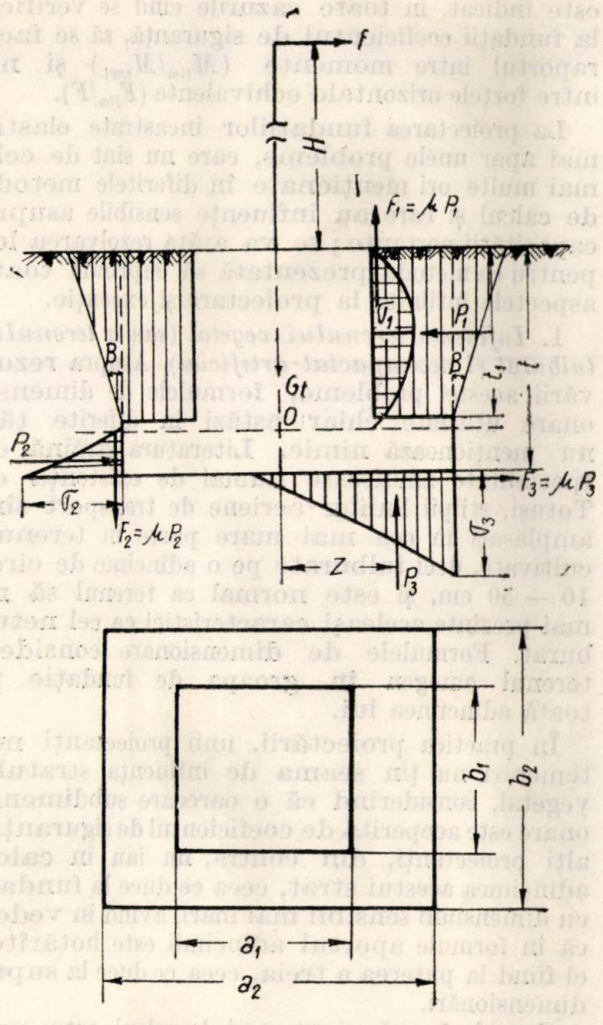


Fig. 8.

Notăm $t_1 = \theta t$ și determinăm valorile P_1 și P_2 (37)

$$P_1 = \frac{2}{3} \cdot t_1 \cdot b_1 \cdot K \cdot \sigma_1 = \frac{2 \cdot 1 \cdot 7}{3} \cdot b_1 \cdot \theta t \cdot \frac{\sigma_2}{3} = \frac{3,4}{9} \cdot b_1 \cdot \theta \cdot t \cdot \sigma_2$$

$$P_2 = \frac{1}{2}(t - t_1) \cdot b_2 \cdot \sigma_2 = \frac{1}{2} b_2 \cdot t (1-\theta) \sigma_2. \qquad (38)$$

Introducem valorile lui P_1 și P_2 în ecuația (36)

$$G_t \cdot \mu + F \cdot C - \frac{3,4}{9} b_1 \theta t \cdot \sigma_2 (1 + \mu^2) + \frac{1}{2} \cdot b_2 \cdot t \cdot (1 - \theta) \sigma_2 (1 + \mu^2) = 0 \qquad (39)$$

Din această ecuație determinăm valoarea lui θ

$$G_t \cdot \mu + F \cdot C + \frac{1}{2} \cdot b_2 \cdot t \cdot \sigma_2 (1+\mu^2) = \left(\frac{3,4}{9} \cdot b_1 t \sigma_2 + \frac{1}{2} \cdot t \cdot \sigma_2 \right) (1 + \mu^2) \theta = 0 \qquad (40)$$

$$\theta = \frac{(G_t \cdot \mu + F \cdot C) \cdot 18}{(1 + \mu^2)(9 b_2 + 6,8 b_1) t \cdot \sigma_2} + \frac{9 b_2 \cdot t \cdot \sigma_2 (1 + \mu^2)}{(1 + \mu^2)(9 b_2 + 6,8 b_1) t \cdot \sigma_2} \qquad (41)$$

Înlocuim pe $\sigma_2 = \frac{p \cdot t}{1,5}$

$$\theta = \frac{G_t \cdot \mu + F \cdot C) \, 18}{(1 + \mu^2)(9 b_2 + 6,8 b_1) t \cdot \frac{p \cdot t}{1,3}} + \frac{9 \cdot b_2}{(9 b_2 + 6,8 b_1)} \qquad (42)$$

$$\theta = \frac{23,4 \, (G_t \mu + F \cdot C)}{(1+\mu^2)(9 b_2 + 6,8 b_1) t^2 p} + \frac{9 \cdot b_2}{(9 b_2 + 6,8 b_1)} \qquad (43)$$

Pentru a găsi valoarea lui P_3, înmulțim ecuația (34) cu μ, o adunăm cu ecuația (35) și obținem

$$G_t - F \cdot C \cdot \mu - P_3 (1 + \mu^2) = 0 \qquad (44)$$

$$P_3 = \frac{G_t - F \cdot C \mu}{1 + \mu^2} \qquad (45)$$

Pentru a determina momentul limită, scriem ecuația de momente a tuturor forțelor față de centrul de rotație 0.

$$F \cdot C \cdot (H + \theta t) = P_1 \mu \frac{a_1}{2} + P_1 \cdot \frac{\theta t}{2} + P_3 \mu t (1-\theta) + P_3 \cdot Z + P_2 \mu \frac{a_2}{2} + P_2 \cdot \frac{2}{3} \cdot t (1 - \theta) = P_1 \frac{a_1 \mu + \theta t}{2} + P_2 \left[\frac{a_2 \mu}{2} + \frac{2}{3} t (1 - \theta) \right] + P_3 [Z + \mu t (1 - \theta)] \qquad (46)$$

În valorile lui P_1 și P_2 din ecuațiile (37) și (38) înlocuim pe

$$\sigma_2 = \frac{p \cdot t}{1{,}3}$$

și obținem

$$P_1 = \frac{3{,}4}{9} \cdot b_1 t \cdot \theta \cdot \frac{p \cdot t}{1{,}3} = \frac{3{,}4}{14{,}7} \cdot b_1 t^2 \cdot \theta \cdot p =$$

$$= 0{,}29 \cdot b_1 t^2 \cdot \theta \cdot p \qquad (47)$$

$$P_2 = \frac{1}{2} \cdot b_2 \cdot t (1-\theta) \cdot \frac{p \cdot t}{1{,}3} = 0{,}385 \cdot b_2 \cdot t \cdot p \cdot (1-\theta). \qquad (48)$$

Înlocuim valorile lui P_1 și P_2 în ecuația (46) și obținem :

$$M_{lim} = F \cdot C(H + \theta t) = 0{,}29\, b_1 \cdot t^2 \cdot p \cdot \theta \cdot \frac{a_1 \mu + \theta t}{2} +$$

$$+ 0{,}385\, b_2 \cdot t^2 \cdot p \cdot (1-\theta) \cdot \left[\frac{a_2 \mu}{2} + \frac{2}{3} \cdot t (1-\theta)\right] +$$

$$+ P_3 [Z + \mu t (1-\theta)] \qquad (49)$$

$$M_{lim} = F \cdot C \cdot (H + \theta t) = 0{,}145\, b_1 \cdot t^2 \times p \cdot \theta (a_1 \mu + \theta t) \cdot$$

$$\cdot \times + 0{,}065 \cdot b_2 \cdot t^2 p\ (1-\theta)\ [3 a_2 \mu + 4\, t\, (1-\theta)] +$$

$$+ P_3 \cdot [Z + \mu t (1-\theta)] \qquad (50)$$

Pentru determinarea distanței Z, scriem valoarea reacției verticale a terenului P_3, care reiese din diagrama de repartiție a eforturilor, în care s-a înlocuit valoarea lui σ_3 cu valoarea limită obținută pe cale experimentală

$$\sigma_3 = 2 \cdot p \cdot t.$$

$$P_3 = \frac{1}{2} \cdot 1 \cdot b_2 \cdot \sigma_3 = \frac{1}{2} \cdot 1 \cdot b_2 \cdot 2 \cdot p \cdot t = 1 \cdot b \cdot p \cdot t \qquad (51)$$

l = lungimea laturii orizontale a diagramei triunghiulare a eforturilor de sub talpă

$$l = \frac{P_3}{b \cdot p \cdot t} \qquad (52)$$

$$Z = \frac{a_2}{2} - \frac{1}{3} = \frac{a_2}{2} - \frac{P_3}{3 \cdot b \cdot p \cdot t}. \qquad (53)$$

Introducem valoarea lui Z în ecuația (50) și, deoarece termenul II al ecuației care este afectat de coeficientul 0,065 reprezintă max. 4% din aportul celorlalți termeni, îl vom neglija sporind în schimb coeficientul termenului I de la 0,145 0,145. În acest mod formula pentru dimensionare se va simplifica și va căpăta forma :

$$M_{lim} = F \cdot C \cdot (H + \theta t) = 0{,}15\, b_1\, t^2 \theta \cdot p\, (a_1 \mu + \theta t) +$$

$$+ P_3 \left[\frac{a_2}{2} - \frac{P_3}{3\, b_2 \cdot t \cdot p} + \mu\, t\, (1-\theta)\right]. \qquad (54)$$

Forța limită orizontală la distanța H de la suprafața solului va fi :

$$F_{lim} = \frac{M_{lim}}{H + \theta t}. \qquad (55)$$

Observație: La dimensionarea fundațiilor cu formulele prezentate sînt necesare unele precizări. La liniile aeriene de transport momentul de răsturnare este dat de forțele orizontale (rezultanta F), deoarece forțele verticale se consideră echilibrate. Dacă în anumite cazuri speciale apar momente și datorită sarcinilor verticale, forța F va avea aceeași semnificație, dar în valoarea lui $M_{expl.}$ va intra și momentul dat de sarcinile verticale. De aceea este indicat, în toate cazurile cînd se verifică la fundații coeficientul de siguranță, să se facă raportul între momente ($M_{lim}/M_{expl.}$) și nu între forțele orizontale echivalente (F_{lim}/F).

La proiectarea fundațiilor încastrate elastic mai apar unele probleme, care nu sînt de cele mai multe ori menționate în diferitele metode de calcul și care au influențe sensibile asupra capacității portante; se va arăta rezolvarea lor pentru ca metoda prezentată să cuprindă toate aspectele întîlnite la proiectare și execuție.

1. *Influența terenului vegetal (sau a terenului tulburat și necompactat artificial).* Asupra rezolvării acestei probleme, formulele de dimensionare utilizate chiar astăzi în diferite țări nu menționează nimic. Literatura străină de specialitate amintește numai de existența ei. Totuși, stîlpii liniilor aeriene de transport sînt amplasați în cea mai mare parte în terenuri cultivate, deci tulburate pe o adîncime de circa 40 — 50 cm, și este normal ca terenul să nu mai prezinte aceleași caracteristici ca cel netulburat. Formulele de dimensionare consideră terenul omogen în groapa de fundație pe toată adîncimea lui.

În practica proiectării, unii proiectanți mai temerari nu țin seama de influența stratului vegetal, considerînd că o oarecare subdimensionare este acoperită de coeficientul de siguranță; alți proiectanți, din contră, nu iau în calcul adîncimea acestui strat, ceea ce duce la fundații cu dimensiuni sensibil mai mari, avînd în vedere că în formule aportul adîncimii este hotărîtor, el fiind la puterea a treia, ceea ce duce la supradimensionări.

Considerăm că acest mod de calcul este prea acoperitor. Stratul de teren vegetal (sau tulburat) există; el dă o anumită împingere, există frecarea între pereții fundației și teren, numai că valoarea acestei forțe este mai redusă, deoarece prin tulburare s-a distrus coeziunea dintre particule. Deci stratul vegetal trebuie considerat ca un teren necoeziv și introdus astfel în calcul. Metoda sovietică de calcul arată modul de calcul al fundațiilor cînd sînt terenuri

cu caracteristici diferite, dar acest mod de calcul este laborios şi necesită cunoaşterea unghiurilor de taluz natural, ce necesită studii costisitoare de teren. De aceea, se va prezenta o formulă empirică verificată pe un număr mare de încercări şi care a dat rezultate suficient de apropiate (A. Lazard).

Notăm :

t — adîncimea de fundare;

t' — adîncimea terenului vegetal, considerată de la suprafaţă.

$$\varkappa = 3{,}44\left[1+\left(\frac{t'}{t}\right)^3\right] - 2{,}44\sqrt{\left[1+\left(\frac{t'}{t}\right)^2\right]^3} \quad (55')$$

Cu coeficientul $\varkappa$, care este întotdeauna subunitar, se va afecta momentul limită obţinut. Deci se calculează fundaţia neţinîndu-se seama de stratul vegetal şi după obţinerea lui M_{lim} se afectează cu coeficientul $\varkappa$, deci :

$$C = \frac{\varkappa M_{lim}}{M_{exp}}. \quad (56)$$

2. *Influenţa apei subterane.* Acţiunea apei subterane asupra fundaţiilor încastrate elastic este complexă. Ea acţionează atît asupra coeficienţilor geotehnici ai terenului, cît şi prin împingeri suplimentare, reducînd atît sarcinile verticale, cît şi presiunea pasivă a terenului. Cele mai multe metode de calcul ce aduc o rezolvare a acestei probleme, aplicînd principiul lui Arhimede, recomandă a se micşora greutatea volumetrică atît a betonului cît şi a terenului cu greutatea specifică a apei, deci cu 1.

Acest mod de calcul este destul de acoperitor.

Terenul nu este o masă compactă; el are o anumită porozitate, şi deci volumul de apă dislocuit nu este egal cu volumul de teren ce acţionează asupra fundaţiei. Deci greutatea volumetrică în apă trebuie să fie pusă în legătură cu greutatea specifică a solului, iar la beton cu greutatea volumetrică. Terenurile au o porozitate variabilă, iar unele cu o porozitate redusă admit cu timpul trecerea apei prin porii lor, iar cînd fundaţia este acţionată de sarcini dinamice bruşte (vînt alternat), terenul opune o rezistenţă mult mai mare decît dacă ar fi fost fără apă, deoarece se schimbă gradat conţinutul lui de apă. De aceea la dimensionare trebuie să se ţină seama de porozitatea terenului. Deoarece nivelul apei subterane de cele mai multe ori nu ajunge pînă la suprafaţa terenului, ar trebui introduse două categorii de coeficienţi geotehnici, ceea ce ar determina calcule laborioase şi susceptibile de greşeli. Se dau în figurile 9 şi 10, diagrame care, în raport de nivelul apei subterane t_a (distanţa de la suprafaţa solului la nivelul apei subterane) şi în funcţie de porozitatea terenului şi greutatea volumetrică dau o serie de coeficienţi ce afectează momentul limită. Sînt două categorii de coeficienţi : permeabilitate ridicată a terenului (coef. lui Darcy $> 5 \times 10^{-4}$ cm/oră) şi permeabilitate redusă (coef. lui Darcy $< 5 \times 10^{-4}$ cm/oră).

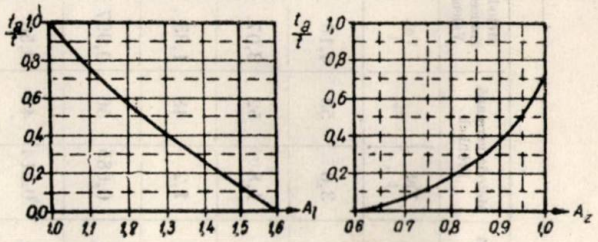


Fig. 9. Diagrame pentru determinarea coeficienţilor A_1 şi A_2

Pentru soluri cu permeabilitate ridicată, coeficienţii A_1 şi A_2 se obţin din diagramele din fig. 9, iar pentru soluri cu permeabilitate redusă coeficienţii A_3 şi A_4 se obţin din diagramele din fig. 10.

În acest mod, formulele de dimensionare pentru fundaţiile încastrate elastic din terenuri

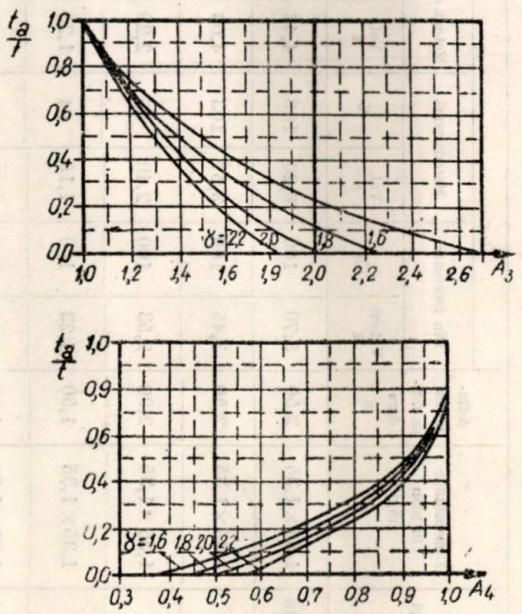


Fig. 10. Diagrame pentru determinarea coeficienţilor A_3 şi A_4

cu nivelul apelor subterane deasupra tălpii fundaţiilor vor avea următoarea formă :

a) *Fundaţii bloc* (fără trepte)

$$M_{lim} = \frac{A2\,(A4)\cdot b\cdot t^2}{15{,}6}\cdot p\,[2\,t\cdot(3{,}2\,\theta^2 - 4\theta + 2) + 3\,a\,\mu\cdot(1-0{,}2\theta)] + P_3\left[\frac{a}{2} - \frac{2\,P_3\,A_1\,A_3}{3\cdot b\cdot h\cdot p} + \mu\,t\,(1-\theta)\right] \quad (57)$$

Tabela 3

Sarcina experimentală la vîrf în comparație cu cea teoretică (diferite metode de calcul)

Nr. crt.	Denumirea fundației	Tipul fundației	Dimensiunile în plan m	Adîncimea de fundare m	Sarcina echivalentă la vîrf															
					Din încercare		Metoda nouă		Metoda sovietică		Metoda suedeză Zetterholm		Metoda germană Süberkröb		Metoda germană Fröhlich		Metoda franceză Valensi		Metoda belgiană Ramelot	
					Valoric t	%	Val. t	%	Val. t	%	Val. t	%	Val. t	%	Val. t	%	Val. t	%	Val. t	%
1	Fundația IX Fröhlich	fără treaptă	1,35×1,35	2,50	5,70	100	6,20	108	4,46	78,5	5,52	97	7,15	125	3,0	53	4,16	73	7,15	125
2	Fundația IV Sulzberger	„	1,35×1,35	2,50	3,45	100	3,57	103	4,03	117	3,35	97	3,91	113	1,8	52	3,07	89	4,15	120
3	Fundația III Sulzberger	„	1,35×1,35	2,00	2,53	100	2,40	95	2,29	91	1,89	75	2,32	93	1,2	48	1,83	72	2,33	92
4	Fundația II Sulzberger	„	1,35×1,35	1,50	1,23	100	1,15	94	1,25	101	1,08	88	1,26	102	0,685	56	0,997	81	1,16	94
5	Fundația I Sulzberger	„	1,35×1,35	1,00	0,48	100	0,515	107	0,578	120	0,445	93	0,585	122	0,214	45	0,50	105	0,485	101
6	Fundația Wendorf	cu treaptă	2,80×2,80 4,30×4,30	2,80	11,60	100	10,85	94	13,85	119	10,9	94	12,25	106	9,8	85	—	—	14,6	126
7	Fundația 19 Bürklin	„	2,20×2,20 3,20×3,20	2,35	5,57	100	5,53	99	5,75	103	5,45	98	5,2	93,5	4,8	86	—	—	7,75	139
8	Fundația 11 suedeză	„	2,45×1,80 4,55×2,90	2,15	8,25	100	8,4	102	8,3	101	9,95	120	9,55	115	9,6	116	—	—	8,86	107
9	Fundația 12 suedeză	„	1,80×2,43 2,90×4,55	2,30	10,70	100	10,9	102	15,9	149	11,4	106	10,5	98,5	9,1	85	—	—	15,9	149
10	Fundația I Fröhlich	„	1,30×1,30 1,88×1,88	2,00	5,00	100	4,92	98,5	3,4	68	4,32	86,5	4,9	98	3,36	67	—	—	6,24	124
11	Fundația 38 Bürklin	cu treaptă cu apă subter.	1,80×1,80 3,30×3,30	2,20 0,30	3,147	7100	3,04	97,0	2,3	73	3,2	101	2,99	94	2,67	85	—	—	5,85	185
12	Fundația 2 suedeză	„	1,50×1,50 1,90×1,90	2,0 0,9	4,08	100	4,24	104	4,3	105	4,08	100	3,69	91	2,51	61	—	—	4,78	117
13	Fundația 14 suedeză	„	2,32×2,32 3,80×4,0	3,40 2,50	12,5	100	12,8	102	7,55	60,5	12,4	99,5	16,0	128	10,5	84	—	—	25,7	206

b) *Pentru fundațiile cu trepte*:

$$M_{lim} = 0{,}15\ A_2\,(A_4)\cdot b_1\cdot t^2\cdot\theta\cdot p\,(a_1\,\mu + \theta\,t) + \\ + P_3\left[\frac{a_2}{2} - \frac{P_3\cdot A_1(A_3)}{3\,b_2\cdot l\cdot p} + \mu\,t\,(1-\theta)\right]. \quad (58)$$

În modul acesta problema dimensionării fundațiilor în terenuri cu nivelul apei subterane deasupra tălpii se reduce la determinarea simplă a unor coeficienți, iar verificările făcute pe 3 fundații cu talpă, de diferite dimensiuni și cu diferite nivele ale apei subterane, au dat rezultate foarte apropiate de cele experimentale (vezi tabela 3 fund. 11, 12 și 13).

Verificarea formulelor stabilite s-a făcut pe un număr de 13 fundații, ce au fost încercate în diferite țări (Elveția, Germania, Suedia), de diferiți cercetători (Bürklin, Zetterholm, Sulzberger, Fröhlich), în terenuri cu structuri diferite, cu sau fără apă subterană, atît fundații cu trepte, cît și fundații bloc și de dimensiuni diferite. Aceste fundații au mai fost calculate și cu alte formule utilizate în diferite țări (U.R.S.S., Germania, Suedia, Franța, Belgia), bazate pe diferite principii, unele pe presiuni

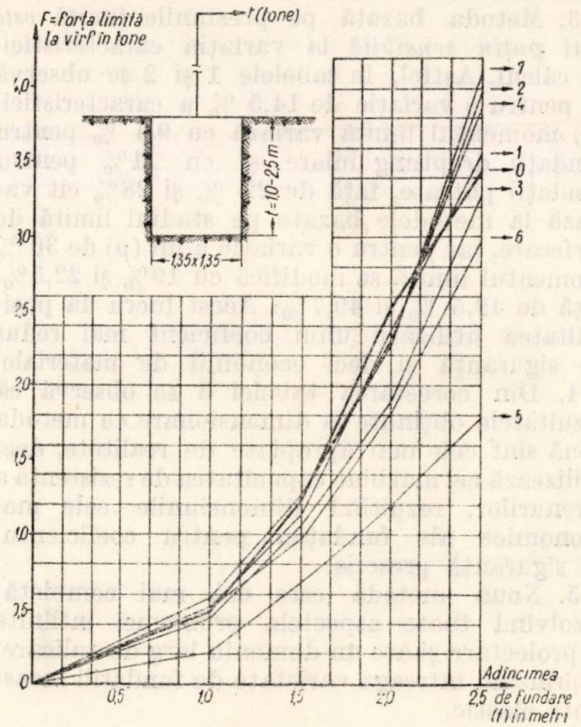


Fig. 11. Diagramele forțelor limită la vîrf, a fundațiilor lui Sulzberger (Nr. I, II, III și IV) calculate după diferite metode de calcul în comparație cu diagrama experimentală. Diagrama datelor experimentale.

1 — diagrama datelor cu metoda nouă; *2* — diagrama datelor cu metoda sovietică; *3* — diagrama datelor cu metoda suedeză; *4* — diagrama datelor cu metoda Sübenkrüb; *5* — diagrama datelor cu metoda Fröhlich; *6* — diagrama datelor cu metoda Valensi; *7* — diagrama datelor cu metoda Ramelot.

admisibile (Fröhlich), altele pe starea limită a capacității portante (sovietică și suedeză), altele empirice (Ramelot) etc.

Din analiza rezultatelor obținute și cuprinse în tabela 3 și fig. 11 se observă că cele mai con-

Tabela 4

Cu caracteristicile aproximative ale terenurilor

Nr. crt.	Denumirea terenului	Greutatea volumetrică J kg/m³	Unghiul taluzului natural φ	Presiunea admisibilă p la 1 m adîncime kg/cm²	Uneltele de mînă cu care se poate săpa
1	Terenuri tulburate și necompactate artificial, compuse din humus, nisip și pietriș amestecate	1 350	15°	0,2—0,3	se sapă cu lopata normativ propus de încerc.
2	Terenuri tulburate și compactate artificial, compuse din humus, nisip și pietriș amestecate	1 600	25°—30°	0,6—0,7	se sapă cu lopata
3	Argilă nisipoasă și nisip argilos saturat cu apă	1 900	20°	0,5—0,7	se sapă cu lopata
4	Argilă nisipoasă și nisip argilos cu umiditate naturală	1 600	40°	1,0—1,5	se sapă cu lopata sau cu cazmaua
5	Teren slab argilos saturatcu apă	1 800	20°	0,5—0,7	se sapă cu lopata
6	Teren compact argilos umed	1 700	40°	1,3—1,7	se sapă cu cazmaua și parțial cu tîrnăcopul
7	Argilă foarte compactă	1 800	45°	2,0—2,5	se sapă cu tîrnăcopul
8	Löss foarte umed	1 800	20°	0,5—0,75	se sapă cu lopata
9	Löss uscat	1 600	40°	1,0—1,5	se sapă cu lopata și cazmaua
10	Pietriș cu nisip saturat cu apă	2 000	25°	1,7—2,0	se sapă cu tîrnăcopul
11	Pietriș cu nisip argilos	1 850	35°	1,0—1,5	se sapă cu cazmaua și cu lopata
12	Nisip mare saturat cu apă	1 900	25°	1,7—2,0	se sapă cu tîrnăcopul
13	Nisip mijlociu umed	2 000	25°	1,5—1,7	se sapă cu cazmaua
14	Nisip fin umed	2 000	25°	1,0—1,3	se sapă cu lopata și cu cazmaua

tante rezultate şi mai apropiate de datele experimentale sînt acelea obţinute cu noua metodă de calcul. Abaterile maxime obţinute sînt — 6% şi + 8%, suficient de apropiate pentru dimensionarea fundaţiilor încastrate elastic.

Pentru orientare, s-au dat în tabela 4, pentru o serie de terenuri întîlnite la noi în ţară, coeficienţii geotehnici necesari aplicării formulelor elaborate mai sus. La întocmirea acestei tabele s-au folosit atît literatura străină de specialitate cît şi prevederile din STAS 3503—52.

D. CONCLUZII

Metoda prezentată a căutat să elimine în cea mai mare parte deficienţele teoretice şi practice ale metodelor cunoscute pînă în prezent, avînd în acelaşi timp un accentuat aspect economic. În acest sens, se vor sintetiza avantajele mai importante pe care le prezintă această metodă în comparaţie cu aceea utilizată cel mai mult în R.P.R.

1. *Reducerea volumului studiilor de teren şi de laborator.* Aspectul economic al lucrărilor de fundaţii pentru stîlpii liniilor aeriene de transport este diferit în comparaţie cu fundaţiile construcţiilor civile şi industriale. Liniile aeriene se întind pe trasee de zeci şi sute de km, iar dimensionarea fundaţiilor stîlpilor se face după ce în prealabil s-a întocmit un studiu amănunţit al terenului şi s-au executat probe de laborator ale căror rezultate sînt concretizate într-un referat geotehnic. Volumul lucrărilor de teren (foraje) cît şi al încercărilor de laborator, deci costul lor şi tipul lor de execuţie, sînt în funcţie de metoda de dimensionare. Unele caracteristici ale terenului φ şi C necesită un număr mare de foraje, executate cu un utilaj greoi de 8″, iar încercările de laborator trebuie să cuprindă de cele mai multe ori pentru acelaşi teren probe cu umidităţi diferite, datorită variabilităţii importante a acestor caracteristici. Prin eliminarea caracteristicilor φ şi C şi utilizarea presiunii admisibile, volumul acestor studii se reduce substanţial, de cele mai multe ori referatul geotehnic putînd fi întocmit pe baza unei cercetări vizuale a terenului şi executarea cîtorva săpături deschise pînă la 2—3 m adîncime, şi pe baza normativelor în vigoare se pot determina presiunile admisibile. În porţiuni mai dificile de teren se vor executa foraje de 2″, cu ajutorul unui utilaj uşor ce prezintă avantaje la transportat şi manipulare. Pentru a cuprinde în cifre aceste avantaje, dacă vom considera că nu s-ar reduce numărul de foraje şi de încercări de laborator prin utilizarea noii metode, ci numai faptul că pentru determinarea presiunilor admisibile sînt suficiente foraje manuale de 2″ (costul unui metru linear 38 lei) în timp ce pentru determinarea lui φ şi C sînt necesare foraje de 8″, (costul unui metru linear 225 lei) şi considerînd în mediu la 2 km de linie 1 foraj de 4 m adîncime, iar pînă în 1965 se vor construi circa 30 000 km linie

$$\text{foraje } 8'' \cdots \frac{30\,000}{2} \times 225 \times 4 \ldots\ldots = 15\,000\,000 \text{ lei}$$

$$\text{foraje } 2'' \ldots \frac{30\,000}{2} \times 38 \times 4 \ldots\ldots = 2\,280\,000 \text{ lei}$$

$$\text{economii} \ldots = 12\,720\,000 \text{ lei}$$

Timpul de execuţie al studiilor de teren se reduce considerabil, mărindu-se în acest mod eficienţa investiţiilor.

2. *Utilizarea unor caracteristici mai certe.* S-a arătat mai înainte variaţia în timp, în funcţie de umiditate şi în funcţie de natura terenului, a caracteristicilor φ şi C. La aceasta se mai adaugă şi neconcordanţa metodelor de laborator. Toate acestea produc abateri largi la stabilirea valorilor de calcul. Presiunile admisibile sînt caracteristici mult mai constante, iar metodele de laborator reproduc modul de încărcare din realitate, ceea ce asigură valori mult mai certe.

3. Metoda bazată pe presiunile limită *este mai puţin sensibilă* la variaţia caracteristicii de calcul. Astfel, în tabelele 1 şi 2 se observă că pentru o variaţie de 14,5 % a caracteristicii (p) momentul limită variază cu 9,4 % pentru fundaţii dreptunghiulare şi cu 11% pentru fundaţii pătrate, faţă de 22 % şi 28% cît variază la metodele bazate pe stadiul limită de forfecare, iar pentru o variaţie a lui (p) de 30 % momentul limită se modifică cu 19% şi 22,5%, faţă de 42,5 % şi 49,7%. Acest lucru dă posibilitatea utilizării unui coeficient mai redus de siguranţă şi deci economii de materiale.

4. Din cercetarea tabelei 3 se observă că rezultatele obţinute la dimensionare cu metoda nouă sînt cele mai apropiate de realitate, deci utilizează cel mai bine capacitatea de rezistenţă a terenurilor, rezultînd dimensiunile cele mai economice ale fundaţiei pentru coeficientul de siguranţă prescris.

5. Noua metodă este cea mai completă, rezolvînd toate aspectele problemei întîlnite la proiectare şi are un domeniu larg de aplicare, cuprinzînd întreaga varietate de fundaţiii încastrate elastic.

Bibliografie

[1] H. Lehr: *Fundaţii*, vol. I. E.S.A.C. — 1954

[2] H. Lehr: Fundaţii, vol. II. Edit. Tehnică 1957, Ed. II.

[3] D. Mateescu: *Construcţii metalice speciale.* Bucureşti, Ed. Tehnică 1956.

[4] S. Andrei, Giurcaneanu D.: *Construcţii de clădiri*, vol. I. Elemente de geotehnică şi fundaţii, Ed. Tehnică 1956.

[5] A. Lazard: *„Moment limite de renversement de fondations cylindriques et parallélipipédiques isolées".* Annales de l'institut technique du batiment et des travaux publics. — Ian. 1955.

[6] C. Zetterholm, B. O- Pramborg: *„New method for computing bearing capacity of block foundations in transmission lines"*. Power Apparatur and Systems. A.I.E.E. — Transactions — 1957. Part. III.

[7] E. Stănescu: *Cu privire la problema studiilor geotehnice şi a metodelor de calcul folosite la proiectarea fundaţiilor burate a stîlpilor de înaltă tensiune.* Comunicare ţinută la sesiunea ştiinţifică ISPE — 1959.

[8] MINISTERUL CENTRALELOR ELECTRICE U.R.S.S.: *Pravila ustroistva electrotehniceskih ustanovoc.* Ediţia II-a, 1950. Moscova-Leningrad.

[9] A. Bürklin: *Berechnung von Mastründungen.* Beton und Eisen 1940, Heft 3.

[10] STAS 3503-52 *Terenul de fundaţie. Presiuni admisibile.*

[11] A. Bürklin: *Neues Verfahren zur Berechnung von Blockfundamenten für Freileitungen.* Beton und Eisen 1940, Heft 17.

[12] Y. Barraud: *Fondation des pylônes classiques ou haubanés recherches expérimentales.* Bulletin de la Société Française des Électriciens. Octombrie 1958.

[13] Th. Müller-Berlin: *Vorschlag zur Berechnung von Mastfundamenten.* Elektrotechnische Zeitschrift, Heft 45—1929.

[14] Girkmann Karl, Königshofer E.,: *Die Hochspannungs-Freileitungen.* Springer-Verlag 1952 Ed. II.

[15] Cristea Mateescu: *Calculul fundaţiilor pentru suporţii liniilor aeriene.* Buletinul Şcolii Politehnice, 1929.

[16] Gh. Filipescu: *Calculul unui stîlp încastrat în pămînt. Statică şi Rezistenţă,* vol. II.

[17] A. Caquot şi Jean Kerisel: *Tarité mécanique des sols.* Ediţia 1956.

[18] P. Fayoux : *Fondations des pylônes des lignes électriques à très haute tension.* Bulletin de la Société Française des Électriciens. Martie 1952.

[19] H. Fröhlich: *Beitrag zur Berechnung der Gründung von Mastfundamenten.* Ediţia 1913. Wilh. Ernst und Sohn.

[20] Max Süberkrüb: *Mastgründungen für Freileitungen, Fahrleistungsanlagen und Bahnspeiseleitungen.* Berlin 1958 — Verlag Wilh. Ernst und Sohn.

[21] I. I. Gudușauri: *K rascetu odinocinth fundamentov opor linii electroperedaci.* Electriceskie stanţii nr. 6/1959.

[22] J. Majer-Wien: *Schiefstellung und „zulassige Spannungen" bei Mastfundamenten.* Der Bauingenieur, nr. 3/1960.

[23] O. D. Zetterholm: *Essais de fondations massives prismatiques.* C.I.G.R.É., vol. II, 1956. Referat nr. 230.

[24] W. M. S. Peterson, W. A. Hunsucker: *Les fondations du type poteau en béton armé pour pylônes des lignes de transport.* C.I.G.R.E. — vol. II, 1956. Referatul nr. 219.

[25] H. Carpentier: *Lignes électriques,,* T.H.T. Paris: Ed. Eyrolles. 1955.

[26] Stötzner: *Beitrag zur Berechnung der Fundierung von Freileitungsmasten mit Berücksichtigung der Nachgiebigkeit des Erdreiches.* Der Stahlbau. 1951, Heft 7.

[27] Gh. Lavanchy: *Etude et construction des lignes électriques aériennes.* Paris: Libr. J. B. Baillière, 1952/Ed. II.

[28] Vincenz Petroni: *Umbruchversuche an Stahlbeton und Stahlmasten und deren Ergebnisse.* E. und M., 15 oct. 1951.

[29] I. F. Razovionov : *Experimentalnie isleclavania ustoicivosti odinocinth fundamentov pri deistvii gorizontalnth nagruzok.* Culegere de lucrări, nr. 13. Inst. cercetări şi proiectări căi ferate, 1955.

[30] E. Botea: *Curs de fundaţii,* Vol. I. Ed. Institutului de Căi Ferate, 1955.

[31] A. Tauber, şi N. Gane,: *Proiectarea fundaţiilor pentru stîlpi de beton armat prefabricaţi.* Bucureşti: I.D.T., 1954.

Folosirea soluţiei de fluoresceină şi a lămpii cu raze ultraviolete pentru stabilirea locurilor neetanşe la condensatoare

SZEKELY LADISLAU şi PĂIAN SAVU

Etanşeitatea perfectă a condensatoarelor de aburi la centralele termoelectrice are o însemnătate mare în special la centralele cu parametrii înalţi, dar şi la cele cu parametrii medii, la care duritatea apei din circuitul de răcire are valori mari.

Metoda detectării neetanşeităţilor de condensatoare cu soluţie de fluoresceină a fost experimentată la centrala Aghireş, unde apa din circuitul de răcire ajunge la 80—110° duritate, însăşi apa de completare avînd o duritate de 55°. În aceste condiţii, chiar cele mai mici infiltrări de apă de răcire în apa condensată prin fisuri la condensator, mai ales lîngă capetele ţevilor mandrinate în placa frontală, constituie un pericol pentru salinarea apei condensate. Apa condensată în mod normal la aceste centrale intră în apa de alimentare a cazanelor fără nici o tratare chimică.

Am experimentat metoda la condensatoarele turbinelor de 1,7 şi 5 MW şi am reuşit să obţinem etanşeizarea completă a condensatoarelor, deşi din cauza frecventelor spălări cu acid clorhidric, pentru îndepărtarea pietrei depuse, pereţii frontali prezintă coroziuni mai ales lîngă capetele ţevilor de alamă, unde — la contactul cu placa de fier — se creează elemente galvanice în prezenţa acidului. După etanşare, apa condensată a avut 0,0° duritate.

Salinometrele ne sesizează despre prezenţa apei de răcire în apa condensată, respectiv pericolul de infiltrare.

Dacă s-au constatat astfel de neetanşeităţi, urmează munca anevoioasă de căutarea fisurilor şi locurilor de pătrundere a apei de răcire. Aceste operaţii au ca rezultat oprirea agregatului, respectiv nefurnizarea energiei electrice, fapt pentru care aceste operaţii trebuie să fie reduse la minim.

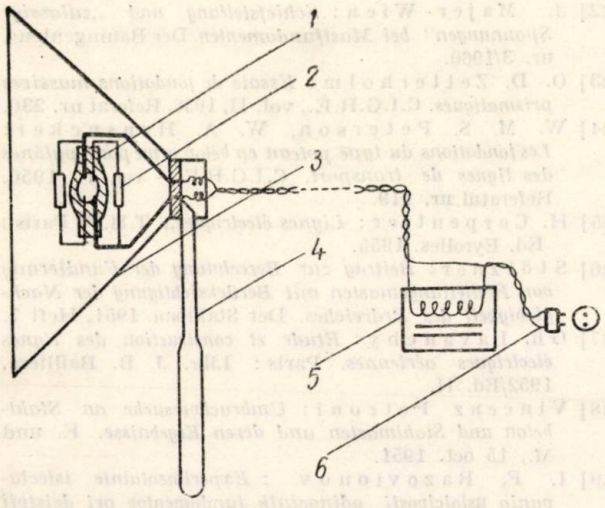


Fig. 1. Lampă portativă pentru raze ultra-violete.
1 — Balonul becului cu vapori de mercur; *2* — rezistenţa de la electrodul de pornire; *3* — lampă; *4* — miner; *5* — bobina de şoc; *6* — alimentarea

Metoda cu fluoresceină şi raze ultraviolete uşurează în mod considerabil găsirea acestor neetanşeităţi.

După oprirea turboagregatului se evacuează apa de răcire din condensator şi se închid conductele de aspiraţie a aerului ale ejectoarelor şi ventilul de pe conducta de evacuare a condensatului. După aceasta se începe umplerea compartimentului de abur-apă condensată al condensatorului cu apă rece. După ce s-a umplut a patra parte a acestuia cu apă, se introduce o soluţie de fluoresceină preparată într-un vas de 10—50 l, după mărimea condensatorului, în concentraţie de 1%. Cantitatea de fluoresceină necesară se calculează la volumul compartimentului de abur al condensatorului şi se introduce în raport de 1:200 000 în greutate faţă de apa introdusă.

După introducerea soluţiei de fluoresceină se completează apa în condensator, pînă la nivelul de evacuare a apei de răcire. Astfel, pentru condensatorul unei turbine de 50 MW este nevoie de 350 g fluoresceină, al uneia de 5 MW de 50 g, iar al uneia de 1,7 MW de 25 g.

După ce s-a umplut condensatorul cu apă care conţine şi soluţia de fluoresceină, se va ilumina peretele frontal al condensatorului unde sînt mandrinate ţevile cu o lampă ce iradiază raze ultraviolete. Acolo unde există neetanşeitate, respectiv s-a scurs o cît de mică cantitate de apă cu fluoresceină, va apare o culoare intensă galben-verzuie fluorescentă sub influenţa razelor ultraviolete. În timpul controlului cu raze ultraviolete, trebuie înlăturată pe cît posibil lumina albă, care scade mult din intensitatea luminii fluorescente.

În caz că există şi neetanşeităţi pronunţate, ca de exemplu o ţeavă spartă, după primul control se va înlătura aceasta, iar după ce s-a spălat bine condensatorul cu apă de pe plăcile frontale şi ţevi, se va ilumina din nou placa frontală, pentru detectarea neetanşeităţilor mai fine.

Fluoresceina este o sare roşie-gălbuie, care, dacă este expusă rezelor ultraviolete, emană o lumină galben-verzuie. Chiar dacă există numai urme de fluoresceină în apă, cu lumina ultravioletă se poate detecta aceasta. Soluţia de fluoresceină nu este corosivă sau otrăvitoare şi se spală uşor. Pentru a putea dizolva mai uşor sarea de fluoresceină se recomandă alcalinizarea apei de solvire cu cantităţi mici de hidroxid de sodiu, respectiv sodă caustică.

După controlul condensatorului prin metoda arătată, nu se recomandă evacuarea apei cu fluoresceină din condensator în circuitul de răcire sau bazinul sorburilor. În cazul circuitelor închise de răcire se va răspîndi fluoresceina în tot circuitul şi la proximul control s-ar putea constata eventual încă resturi de fluoresceină în apa de răcire, ceea ce ar îngreuna un nou control.

Astfel, s-a putut constata că fluoresceina se poate detecta şi în soluţie în care există în concentraţie de $1:9 \times 10^6$.

Confecţionarea unei lămpi ultraviolete se poate realiza foarte uşor, chiar din becuri fluorescente cu mercur defecte, folosind numai balonul interior de cuarţ. La majoritatea acestor becuri se defectează în primul rînd conexiunile care sînt realizate între cele două baloane. În acest scop se sparge cu grijă balonul exterior, care are un strat de luminofori, rămînînd astfel numai balonul interior de cuarţ, cu vapori de mercur. Radiaţiile produse sînt puternice, fiind în domeniul ultravioletului.

Pentru limitarea curentului, fiind vorba de descărcări în vaporii unor metale, este necesară înserierea în circuitul de alimentare a unei bobine de şoc (şelf) corespunzătoare, care nu permite trecerea unui curent mai mare de 3,30 amperi în lămpile de 400 W — de exemplu, care se recomandă a se folosi pentru detectarea mai uşoară.

Metoda descrisă este foarte eficace pentru înlăturarea neetanşeităţilor la condensatoare, în special la centralele unde puritatea condensatului este o problemă capitală şi unde există circuit de răcire închis, în care duritatea apei din circuit este mare şi o infiltrare procentual cît de mică a acesteia în condensator dă o impurificare sensibilă.

O metodă perfecționată pentru străpungerea și arderea în curent alternativ a cablurilor subterane avariate

Ing. *TOMA LASZLO*

1. Introducere

Determinarea defectelor în cablurile subterane este una dintre problemele cele mai dificile ale exploatării rețelelor de medie și joasă tensiune. Pentru cazurile defectelor clare : scurtcircuite, puneri la pămînt directe, întreruperile conductoarelor, s-au elaborat metode de detectare care au devenit clasice. Au mai rămas însă o serie de cazuri în care metodele clasice nu sînt aplicabile, și anume : scurtcircuitele și punerile la pămînt urmate de refacerea parțială a izolației. Cum defectele din această categorie sînt frecvente, s-au încercat multe metode de detectare aplicabile în cazul acestor avarii [1], [2], [4]. După principiul aplicat, ele se împart în trei categorii :

a) metode bazate pe principiul radiolocației ;

b) metode bazate pe efectul sonor al descărcărilor intermitente ;

c) metode bazate pe principiul distrugerii complete a izolației în locul defect.

Avantajul metodelor din categoria *c*) constă în simplitatea relativă a utilajelor și în precizia mai mare a determinării locului defect.

În prezent, la noi în țară s-a introdus o metodă de determinare a defectelor care face parte din categoria *c*), și anume o instalație de ardere a izolației cu ajutorul curentului continuu de înaltă tensiune redresat prin tuburi gazotron.

După ce izolația este complet arsă, locul defect poate fi determinat cu ajutorul metodelor clasice.

Instalația de ardere cu gazotroane este voluminoasă și destul de delicată. Necesită un transformator de putere de circa 100 kVA (pentru 10 A și 10 kV), două tuburi redresoare mari, un transformator de încălzire pentru filamente, un dispozitiv regulator de tensiune pentru transformatorul de putere și un sistem de limitare a curentului de șoc în cazul străpungerii.

În afara acestor neajunsuri, care conduc la un utilaj scump și dificil de exploatat, instalațiile cu gazotroane nu asigură tensiuni suficient de mari pentru cablurile de peste 5 kV.

În cele ce urmează se arată că arderea cablurilor subterane avariate poate fi făcută în condiții mult mai avantajoase, utilizînd în acest scop curentul alternativ.

Primele încercări au fost efectuate în acest sens la I.R.E. Timișoara în anul 1956 [3]. În baza rezultatelor acestor încercări s-a proiectat și s-a executat o instalație perfecționată și simplificată, care a fost experimentată cu succes în primăvara anului 1960.

E interesant de menționat că utilizarea curentului alternativ pentru arderea cablurilor avariate a fost încercată și la întreprinderea de electricitate din Hamburg. Rezultatele foarte bune ale acestor încercări au fost publicate în 1957 [4].

2. Principiile utilizării curentului alternativ pentru arderea cablurilor defecte

Curentul continuu redresat s-a introdus la instalațiile de verificare a izolației cablurilor de înaltă tensiune pentru reducerea puterii necesare și pentru a avea o diferență netă între curentul de pierderi normale și curentul de defect.

În cazul cînd se caută arderea locului defect, e nevoie de putere mare și nu se mai pune problema de a urmări intensitatea curentului debitat.

În consecință, rezultă că, în principiu, utilizarea preferențială a curentului continuu pentru arderea locului defect nu mai este justificată. Utilizînd curentul alternativ, se pot obține în schimb avantaje foarte mari. Acestea rezultă analizînd schema de funcționare a unei astfel de instalații (fig. 1).

Instalația de ardere în curent alternativ se compune dintr-un transformator ridicător de tensiune, avînd unele proprietăți speciale.

Conductorul, a cărui izolație față de pămînt este deteriorată, se racordează la una dintre bornele de înaltă tensiune a transformatorului. Cămașa de plumb și a doua bornă de înaltă tensiune se leagă la pămînt.

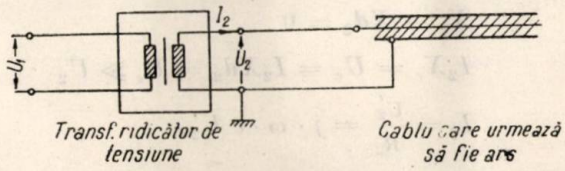


Fig. 1

Transformatorul (alimentat din rețeaua de forță 380 V) va trebui să funcționeze în două regimuri :

1. Înainte de străpungere trebuie să asigure :

$$U_2 = (1{,}75 + 2{,}2)\, U_n \text{ și } I_2 = I_c$$

unde :

U_n este tensiunea nominală a cablului ;

I_c — curentul capacitiv corespunzător cablului în stare bună.

2. După străpungere, trebuie să asigure: un curent destul de mare pentru a putea arde izolația, eventual chiar să se topească parțial

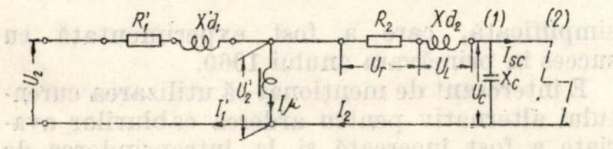


Fig. 2

conductorul sub influența arcului de punere la pămînt. În acest sens I_2 va trebui să fie de cel puțin 10 A. Pe de altă parte, curentul I_2 trebuie să fie limitat pentru a nu deteriora înfășurările transformatorului.

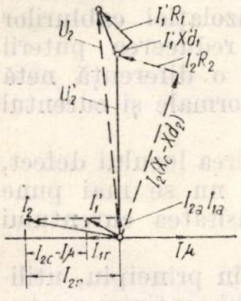


Fig. 3

Studiind schema echivalentă a montajului propus (redusă la tensiunea U_2) (fig. 2), rezultă următoarele considerații:

În regimul 1 diagrama tensiunilor și a curenților (fig. 3) indică posibilitățile de utilizare optimă a schemei.

Astfel, pentru cazul $Xd_2 = H_c$, se realizează rezonanța de tensiune, deci se poate obține o tensiune mult mai mare la bornele condensatorului (care reprezintă cablul) decît U_2.

În realitate această condiție nu este avantajoasă, pentru că curentul I_2 corespunzător este foarte mare, deci necesită transformator ridicător cu putere foarte mare, și pentru că se creează condiții foarte nefavorabile în regimul 2, cînd curentul scade brusc în urma scurtcircuitării condensatorului.

Dacă:

$$Xd_2 = X_c$$

$$X_c - Xd_2 = 0$$

$$I_2 X_c = U_c = I_2 Xd_2 = U_c \gg U_2$$

$$I_2 = \frac{U_2'}{R_2} = j \cdot \omega \cdot c\, U_2'.$$

De altfel, realizarea practică a acestei condiții nu este posibilă decît prin înscrierea unei reactanțe suplimentare reglabile în circuitul $Xd_2 - X_c$, deoarece valorile realizabile pentru Xd_2, de ordinul 10 Ω, sînt mult inferioare valorilor minime posibile ale lui X_c (de ordinul 10^4 Ω).

Condiția $Xd_2 = 0{,}5\ X_c$ $\left(\text{cînd } I_2 = I_{2c} = \frac{U_2}{0{,}5 \times c}\right)$ poate fi uneori avantajoasă la cabluri lungi și tensiuni mari (20—30 kV) cînd X_c e mic, deci reactanța suplimentară Xd_2 nu va mai trebui să fie atît de mare, în consecință și curentul de scurtcircuit va putea atinge o valoare suficient de mare pentru a asigura arderea.

Condiția fundamentală pentru aplicarea rezonanței de tensiune este ca să se poată realiza un curent de scurtcircuit de cel puțin 10 A.

$$I_{2c} = \frac{U_2}{X_{d_2}} = 10\ \text{A} \qquad (1)$$

$$Xd_2 = 0{,}5\ Xc = \frac{0{,}5}{\omega\, c \cdot l} \qquad (2)$$

l — lungimea cablului;

c — capacitatea pe unitate de lungime

și

$$10 = \frac{(1{,}75 + 2{,}2)\ Un}{\frac{0{,}5}{\omega\, c \cdot l}} \cong \frac{4\ Un}{Xc} \qquad (3)$$

$$U_n \cong 2{,}5\ Xc \qquad (4)$$

$$I_2 \cong \frac{2\ U_n}{0{,}5\ Xc} \cong 10\ \text{A} \qquad (5)$$

$$I_2 X_c \cong 4\ U_n = U_c. \qquad (6)$$

Se vede din relația (4) că această condiție se realizează numai în cazuri rare.

În ce privește condițiile rezonanței de curent, ele sînt în general realizabile și pot conduce la reducerea volumului transformatorului de încercare.

Astfel, dacă $I_\mu = I_{2c}$ vom avea:

$$I_1' \cong I_0 \ll I_{2c}$$

deci puterea aparentă a transformatorului va putea fi mai mică decît puterea capacitivă necesară cablului.

Această condiție poate fi îndeplinită destul de ușor, deoarece curentul de magnetizare este reglabil în limite foarte largi, din cauza saturației.

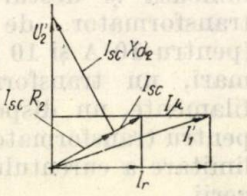


Fig. 4

Pentru regimul 2 (după străpungere), diagrama tensiunilor și a curenților se vede în fig. 4. Avînd nevoie de cel puțin 10 A pentru a avea arderea asigurată, rezultă:

$$X_{d2} \leqq \frac{U_2'}{10\ \text{A}} \qquad (7)$$

$$I_{sc} = \frac{U_2'}{X_{d_2}} \qquad (8)$$

$$I_1' = \bar{I}_\mu + \bar{I}_{sc} \qquad (9)$$

I_1' va fi acum mai mare decît I_{2c}, din cauză că are componența inductivă foarte mare care se adună cu I_μ.

Ținînd cont în plus de influența căderii de tensiune $I_1' \cdot Xd_1$, U_2' scade și I_μ scade.

De aceea creșterea lui I_1' în cazul regimului 2 va putea fi limitată prin reactanțele de dispersie, astfel încît să nu pericliteze bobinajul transformatorului ridicător.

3. Verificări experimentale

Din cele de mai sus rezultă că arderea locului defect poate fi realizată în curent alternativ cu ajutorul unui singur transformator ridicător de tensiune, avînd puterea mai mică decît puterea capacitivă necesară alimentării cablului, fără nici o instalație suplimentară.

Protecția transformatorului față de șocul de curent de străpungere se poate asigura prin reactanța de dispersie mare, adoptînd în acest sens o dispunere a bobinajului asemănătoare celei utilizate la transformatoarele de sudură. Astfel se pot realiza tensiuni de scurtcircuit de ordinul 50—60%, deci curentul de șoc nu va depăși de $2 \times I_n$, ceea ce este nepericulos pe durata scurtă a arderii (5—10 min).

Metoda a fost verificată prima dată cu ocazia străpungerii prin kenotron a unei porțiuni de cablu 10 kV, 3 ×95 mm², l = 0,5 km.

Deoarece locul străpungerii s-a reizolat, metodele obișnuite de determinare a locului defect n-au putut fi aplicate. În consecință s-a încercat următoarea variantă a metodei propuse (fig. 5). Transformatorul ridicător de tensiune, (0,1/15 kV, cca. 20 kVA) fiind de construcție normală, avea reactanțe de dispersie foarte mici (3—4 %). Pentru a limita curentul de șoc, transformatorul ridicător s-a alimentat de la bornele de 80 V ale unui transformator de sudură 380/80 V, 200 A. În cîteva minute a apărut străpungerea, urmată de ardere la curent limitat, determinat de reactanța de dispersie a transformatorului de sudură care a limitat curentul la o valoare apropiată de curentul nominal al transformatorului ridicător de tensiune (circa 1 + 1,5 A pe partea de 15 kV).

Cu toate că acest curent a fost mult mai mic decît cel considerat necesar pentru arderea

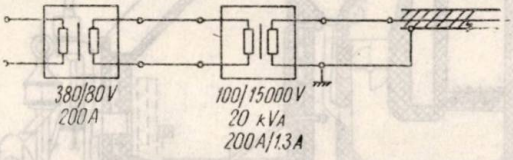


Fig. 5

sigură, s-a putut realiza carbonizarea completă a izolației în locul defect, urmată de detectarea defectului prin metoda punții (cu o eroare de 1%).

Utilizarea celor două transformatoare avea aplicabilitate limitată din cauza puterii mici a transformatorului ridicător de tensiune și din cauză că transformatorul de sudură nu asigură tensiunea necesară alimentării transformatorului ridicată, din același motiv nu era posibilă nici compensarea curentului capacitiv.

Pentru a avea o instalație specială destinată acestui scop, s-a proiectat și s-a executat un transformator care să îndeplinească toate condițiile impuse.

Transformatorul a fost astfel dimensionat ca :

— înfășurarea de joasă tensiune să fie alimentată la U_1 = 400 V, deci să fie racordată între faze, pentru a nu crea căderi de tensiune mari pe neutrul rețelei de alimentare;

— să aibă două rapoarte de transformare : 400/10 000 și 400/20 000 V, primul pentru cablurile de 6 kV, al doilea pentru cablurile de 10 kV;

— înfășurarea de înaltă tensiune să admită un curent de pînă la 20 A, corespunzător curentului capacitiv al unui cablu de 6 kV, 3 × 150 mm², lung de 5 km, alimentat la 20 kV; puterea aparentă a înfășurării de înaltă tensiune este deci de 400 kVA;

— înfășurarea de joasă tensiune să fie încărcabilă pînă la 125 A, corespunzător unei puteri aparente de numai 50 kVA, utilizîndu-se compensarea puterii capacitive a cablului prin puterea de magnetizare a transformatorului; în acest scop la tensiunea de 20 kV s-a admis o inducție foarte mare.

Printr-o dispoziție corespunzătoare a bobinelor de înaltă și joasă tensiune s-a obținut o tensiune de scăpări de 138%. Astfel s-a asigurat funcționarea nepericuloasă a transformatorului în regim de scurtcircuit.

Transformatorul a fost utilizat în mai multe cazuri pentru identificarea unor defecte de cabluri de 10 kV la care apărea fenomenul de refacere parțială a izolației.

În toate cazurile, indiferent de natura defectului (defect în cablul propriu-zis sau în cutiile de legătură), izolația din locul defect a fost arsă complet în circa 10—15 s, rezistența de trecere fiind redusă la 1 — 2 ohmi.

În consecință, de fiecare dată s-a putut detecta cu metodele clasice locul defect, fiind determinat cu erori de ordinul 2 — 3 m.

4. Concluzii

Rezultatele practice permit stabilirea următoarelor concluzii :

a) Prin arderea izolației se rezolvă detectarea locului defect în cazurile care pînă în prezent constituiau problema cea mai dificilă.

Durata detectării se reduce astfel de la 2—3 zile la 1—2 ore (în care s-au inclus manevrele și transportul aparatajului).

b) Pentru străpungerea şi arderea izolaţiei se poate utiliza şi curentul alternativ, în condiţii mult mai avantajoase decît curentul continuu : instalaţia este mult mai simplă, mai puţin voluminoasă, mai uşor de manipulat.

c) Tensiunile maxime utilizate pînă în prezent (10 kV valoare maximă la instalaţia cu gazotroane) sînt insuficiente. Tensiunea necesară pentru amorsarea arderii se ridică de obicei la circa 2 ori tensiunea nominală a cablului (valoare efectivă).

Transformatorul realizat la IRET n-a putut fi utilizat, din acest motiv, decît la cabluri de 10 kV.

d) Pentru reducerea dimensiunilor transformatorului de ardere se poate utiliza efectul de compensare a curentului de magnetizare.

Se mai poate ţine cont şi de durata de funcţionare foarte scurtă :

— în regim de mers în gol : max. 1 — 2 minute ;

— în regim de scurtcircuit : max. 10 — 20 secunde.

Bibliografie

[1] Sirotinski L. I. Tehnica tensiunilor înalte vol. II, Ed. Tehnică 1956, cap. 10.7 (trad. din limba rusă).

[2] Pogarski V. I. : *Exploatarea cablurilor de înaltă tensiune*, Ed. Tehnică 1950 (trad. din limba rusă).

[3] Laszlo T. : *Instalaţie de ardere în curent alternativ a cablurilor avariate* Inovaţie IRET — 1956.

[4] Rosen — Runge : *Rezonnanz — Einbrenngerat für Kabelfehler*. Electrizitätswirtschaft 1957, Nr. 20 p. 765—767.

Ridicarea temperaturii aburului supraîncălzit la cazanele din CTE Schitu Goleşti

Ing. *DINU ARSENE*

I. Motivarea lucrării

Este cunoscut faptul că unele cazane de tip secţional, care au încă o pondere destul de mare în centralele termoelectrice, nu realizează temperatura aburului supraîncălzit, din cauza particularităţilor lor constructive.

În adevăr, după cum se ştie, caracteristic la aceste cazane este fascicolul de convecţie format din ţevi drepte prinse în camerele secţional-colectoare, fascicol parcurs de gaze pe un drum creat de doi pereţi de şicane, care dirijează gazele prin supraîncălzitor (fig. 1).

Orice defectare a acestor pereţi (spargerea şi căderea şicanelor de fontă sau a cărămizilor de protecţie, cum şi căderea mortarului refractar şi a şnurului de azbest care etanşează traversările ţevilor prin zidul de şicane) face ca gazele de ardere — urmînd drumul de minimă rezistenţă — să fie trase de ventilator pe acest drum, scurtcircuitînd supraîncălzitorul. Şi ceea ce este mai grav, este că stricarea acestor pereţi de şicane şi crearea de neetanşeitate au loc atunci cînd se înlocuiesc parţial ţevile, operaţie foarte obişnuită, iar orice neetanşeitate creată, orice şicană sau cărămidă ruptă sau căzută nu mai poate fi reparată sau repusă decît numai atunci cînd se face înlocuirea completă a fascicolului de convecţie.

Scurtcircuitarea parţială a supraîncălzitorului pe drumul de gaze înseamnă reducerea temperaturii aburului supraîncălzit şi totodată creşterea temperaturii gazelor de ardere la coş.

Dar scăderea temperaturii aburului la cazane nu a însemnat numai scăderea randamentului

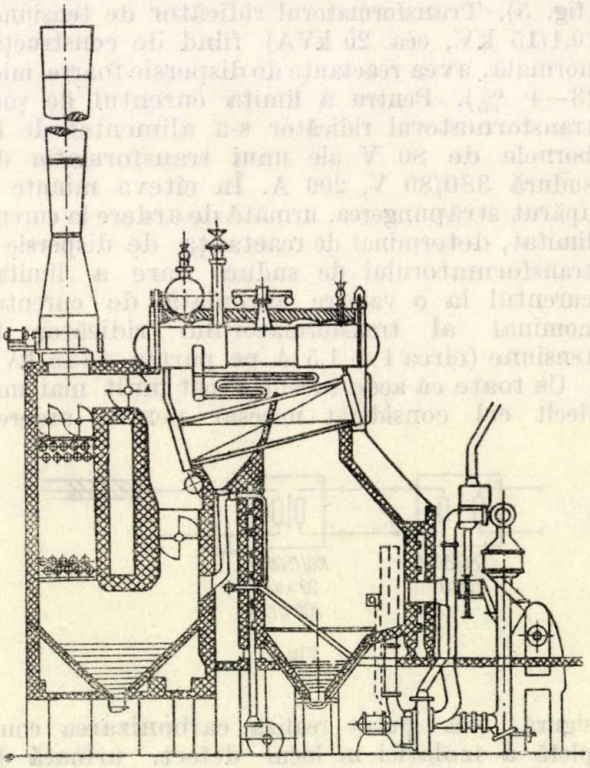


Fig. 1

acestora, ci şi o scădere foarte mare a randamentului termodinamic al turbinelor, care au

rămas alimentate cu abur de temperaturi cu mult sub valoarea nominală.

În plus, la turbine în astfel de situații se ajunge cu titluri prea mici la ultimele trepte, accentuîndu-se fenomenul de eroziune al paletelor.

Situația aceasta nu se poate tolera atîta vreme cît există posibilitatea ca asemenea cazane să fie readuse la parametri inițiali sau chiar la parametri superiori acestora.

În cele ce urmează vom arăta experiența noastră în acest sens, experiență făcută la unul din cazanele de acest tip, instalat la CTE Schitu Golești.

Pentru o bună înțelegere socotim că o scurtă descriere a cazanului este necesară.

II. Descrierea cazanului propriu-zis

Cazanul este de tip secțional-longitudinal, avînd următoarele caracteristici de proiect:

— Fabricație: Babcock-Wilcox
— Suprafața de încălzire: convecție 480 m²
radiația 147 m² (numai peretele posterior)
Total . . . . 627 m²
— Debit nominal: 18 t/h
— Temperatura de supraîncălzire: 375°C (la debitul nominal)
— Număr de secțiuni: 30 buc. (cîte 10 buc. pe fiecare boiler)
— Tamburi de apă-abur (de alimentare): 3 buc.
— Colector de abur saturat (dom): 1 buc.
— Volumul total de apă al cazanului: 34,51 m³
— Suprafața supraîncălzitorului: 200 m² (supraîncălzitor de convecție cu țevile așezate în coloană)
— Suprafața economizorului: 949 m² (economizor de tip „Deka" cu țevi așezate în eșichier)
— Ventilatoare de gaze: 2 buc. avînd caracteristicile: 65 000 m³/h la o depresiune de 45 mm col. apă și o temperatură de 200°C.

Construcția cazanului se poate urmări în detaliu în fig. 1.

III. Descrierea circuitului de cărbune

Cazanul este echipat pe circuitul de cărbune cu:

— Un buncher individual de 50 t capacitate, alimentat cu cărbune concasat la o granulație maximă de 30 mm.

— Două alimentatoare cu disc, cu secțiune variabilă, cîte unul pentru fiecare moară.

— Două mori cu ciocane, cu o finețe de măcinare de 20% rest pe sita cu 4 900 ochiuri pe cm².

— Două separatoare de granule.

— Un ventilator de aer (de combustie și agent de transport) de 26 000 m³/h, la temperatura de 30°C.

— Două ventilatoare injectoare care aspiră praful de cărbune din moara respectivă prin separator și-l refulează în focar prin arzătoare.

— Patru arzătoare de cărbune pulverizat (cîte două buc. de moară).

Circuitul de cărbune poate fi urmărit în detaliu în fig. 2.

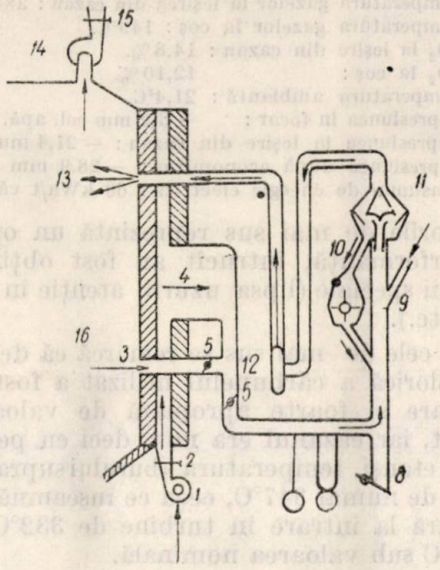


Fig. 2

1 — ventilator de aer; *2* — clapetă; *3* — aspirație gaze; *4* — canal aer cald; *5* — clapetă; *6* — manovacum; *7* — manovacum dif.; *8* — clapetă cu contragreut.; *9* — cond. cărb.; *10* — retur cărb.; *11* — separator; *12* — ventilat. inject.; *13* — arzător; *14* — ventilator gaze; *15* — coș; *16* — focar.

IV. Garanții de proiect

Pentru un cărbune cu o putere calorică de 3 500 cal/kg și o temperatură ambiantă de 30°C (temperatura aerului de intrare) constructorul a dat garanțiile următoare:

— Debit 25—30 kg/m²h, adică 15,65—18,8 t/h
— Temperatura aburului supraîncălzit: 340—375°C (în funcție de sarcină).
— Randament fără economizor: 73% pentru 28 kg/m²h adică pentru 17,5 t/h (valoarea optimă de sarcină).
— Randament în mers normal: 82% (în aceleași condiții de debit adică la valoarea optimă).
— Randament în regim forțat: 80%.
— Debit cărbune la mori: 2,3 t/h (pentru fiecare moară).
— Consum specific de energie pe circuitul de cărbune 35 kWh/t.

V. Performanțele obținute la încercările de recepție

Încercările de recepție au fost făcute între 7 și 10.XI.1931 (imediat după instalare), utilizîndu-se un cărbune avînd o putere calorică inferioară de 3 395 kcal/kg.

Rezultatele au fost următoarele:

— Durata probei: 240 min.
— Consumul orar de cărbune: 4 812 kg/h.
— Temperatura apei de alimentare: 17,5°C.
— Temperatura apei la ieșire din economizor: 72,90°C
— Temperatura aburului supraîncălzit: 347°C.
— Vaporizarea specifică orară: 28,93 kg/m²h.
— Debit de apă: 28,93 × 627 = 18,139 t/h.
— Entalpia aburului supraîncălzit: 746,5 kcal/kg.
— Debit caloric dat: 4 812 × 3 395 = 16 336 740 kcal/h.
— Debit caloric obținut: 18 100 × (746,5 — 17,5) = = 13 194 900.

— Randament brut : $\frac{13\,194\,900 \times 100}{16\,336\,740} = 81{,}5\%$
— Temperatura gazelor în focar : 1 195°C
— Temperatura gazelor la ieşirea din cazan : 284°C.
— Temperatura gazelor la coş : 149°C.
— CO_2 la ieşire din cazan : 14,8%.
— CO_2 la coş : 12,10%.
— Temperatura ambiantă : 21,4°C.
— Depresiunea în focar : — 3,2 mm col. apă.
— Depresiunea la ieşire din cazan : — 21,4 mm col. apă
— Depresiunea după economizor : — 28.9 mm col. apă
— Consumul de energie electrică : 60 kWh/t cărb.

Valorile de mai sus reprezintă un optimum de performanţă, întrucît au fost obţinute în condiţii speciale (lipsa uzurii, atenţie în exploatare etc.).

Din cele de mai sus se remarcă că deşi puterea calorică a cărbunelui utilizat a fost destul de mare şi foarte apropiată de valoarea de proiect, iar cazanul era nou, deci cu pereţii de şicane etanşi, temperatura aburului supraîncălzit a fost de numai 347°C, ceea ce înseamnă o temperatură la intrare în turbine de 332°C, adică cu 18°C sub valoarea nominală.

În aceste condiţii, nerealizarea cu o diferenţă de 375—347 = 28°C a temperaturii aburului supraîncălzit nu se explică decît ca o greşeală de proiectare.

Din statistica centralei se constată că în mod normal în exploatare temperatura maximă a aburului supraîncălzit nu depăşea 340°C, deşi puterile calorice erau mai mari decît aceea avută la recepţie şi chiar decît valoarea de proiect.

Dăm mai jos puterile calorice inferioare ale cărbunilor ce se utilizează :

Mina Jidava	3 932 kcal/kg
Mina Pescăreasa	3 655 kcal/kg
Mina Poenari	4 230 kcal/kg
Mina Boteni	3 870 kcal/kg

Aceasta confirmă ipoteza unei greşeli de proiectare, combinată cu înrăutăţirea neetanşeităţilor la pereţii de şicane.

Tot din statistică mai reiese că deşi cărbunele ars era de calitate superioară, consumul specific pe centrală înregistra valori destul de ridicate.

Evoluţia în timp a acestor consumuri specifice a fost următoarea :

Anul :	1932	1933	1934	1935	1936	1937	1938	1939	1940
Csp. $\frac{kcal}{kWh}$:	5 530	5 630	5 730	5 670	5 810	6 020	6 110	6 090	5 990

Din tabelă se observă o creştere a consumului specific începînd cu anul 1936. Cauza acestei creşteri este scăderea puterii calorice a cărbunelui consumat, dat fiind că în anul 1935 societatea minieră furnizoare a pus în funcţiune o instalaţie de sortare şi uscare pentru a satisface un contract de furnizare cu C.F.R.-ul, astfel că începînd cu acest an o parte din cărbunele bun furnizat anterior a fost înlocuit cu cărbune deşeu rămas de la această instalaţie.

Începînd cu anul 1950, o dată cu noua orientare a consumului de cărbune, tot cărbunele consumat de centrală a fost înlocuit cu cărbune inferior, a cărui putere calorică medie este de 2 600 kcal/kg.

O dată cu scăderea puterii calorice a cărbunelui, temperatura aburului a scăzut mult, astfel că cea mai mare valoare înregistrată a fost de 310°C. Totodată, a scăzut în mod corespunzător şi debitul de aburi, debitul maxim rămînînd în jurul a 15 t/h.

VI. Ecranarea suplimentară. Performanţe obţinute

Pentru a se compensa scăderea de circa 2,5 t/h a debitului de abur pe fiecare cazan, scădere care crease un deficit de putere pe secţia de cazane de 2 MW, socotit în raport cu puterea disponibilă a turbinelor, în anul 1948 s-au ecranat pereţii laterali ai acestor cazane, astfel că la suprafaţa de vaporizare de 627 m² s-au mai adăugat încă 42 m² suprafaţă de radiaţie, aşa încît suprafaţa totală de vaporizare a devenit 670 m².

Performanţele obţinute după ecranare cu un cărbune de 2 878 kcal/kg au fost următoarele :

— Durata probei : 200 min.
— Consumul orar de cărbune : 6 537 kg/h
— Temperatura apei la intrare în ec : 38,5°C
— Temperatura aburului supraîncălzit : 305°C
— Debitul de apă : 19 000 kg/h
— Randament brut : 69,5%
— Temperatura gazelor în focar : 1 060°C
— Temperatura gazelor la ieşire din cazan : 338°C
— Temperatura gazelor la coş : 190°C
— CO_2 la ieşire din cazan : 14%
— CO_2 la coş : 8,7%
— Temperatura ambiantă : 22°C
— Depresiunea în cazan 23,2 mm col. apă.
— Depresiunea după economizor : 31,6 mm col. apă

După cum reiese de mai sus şi după cum era şi de aşteptat ecranarea a condus la creşterea de debit scontată dar a redus şi mai mult temperatura aburului supraîncălzit, fapt ce se explică prin scăderea temperaturii reale în focar.

Menţionăm că în condiţii normale de exploatare temperatura maximă a aburului supraîncălzit nu depăşea 300°C.

Faţă de rezultatele avute la recepţie, se constată următoarele :

— Temperatura aburului scade de la 347 (746,3 kcal/kg) la 305°C (724 kcal/kg).
— Debitul practic rămîne neschimbat, vaporizarea specifică scăzînd de la 28,93 la 28,3 kg/m²h.
— Temperatura gazelor de ardere în focar scade de la 1 195 la 1 060°C.
— Temperatura gazelor de ardere la ieşire din cazanul propriu-zis creşte de la 284 la 338°C, iar temperatura gazelor la coş creşte de la 149 la 190°C.
— Randamentul brut a scăzut de la 81,5 la 69%.

Neetanşeităţile din canalele de gaze au rămas practic aceleaşi ceea ce se constată din % CO_2 care a rămas practic neschimbat.

Din constatările de mai sus se vede că deşi temperatura în focar a scăzut după ecranare, temperatura gazelor de ardere la ieşire din cazan şi la coş a crescut.

La scăderea randamentului la cazane s-a mai adăugat o scădere masivă a randamentului la turbine dat fiind faptul că temperatura la intrare în turbină a scăzut la circa 280°C faţă de 350°C cît este valoarea nominală.

VII. Modificarea făcută pentru ridicarea temperaturii aburului supraîncălzit pe seama reducerii pierderilor la coş

Bazîndu-ne pe consideraţiile de pînă acum am căutat să găsim soluţia pentru ridicarea temperaturii aburului supraîncălzit în situaţia existentă, adică cu neetanşeităţi inerente la zidurile de şicane de la nivelul fascicolului de convecţie şi cu combustibil utilizat mult mai inferior decît cel proiectat.

Cea mai simplă soluţie era micşorarea cu un rînd sau două a convecţiei, crearea de culoare libere prin fascicolul de convecţie sau rărirea ţevilor de ecran, ceea ce ar fi condus la creş-

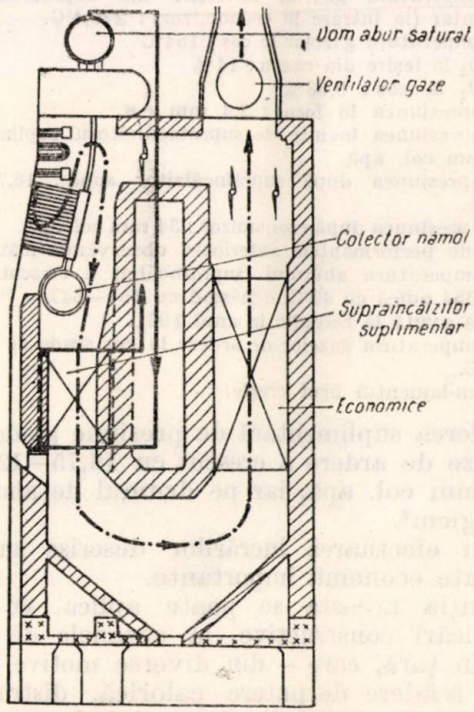


Fig. 3. —·—·— limită pînă la care s-a demolat zidăria pentru a se mări spaţiul de amplasare a supraîncălzitorului

terea temperaturii gazelor de ardere în sistemul fierbător, deci la creşterea temperaturii aburului supraîncălzit. Acest lucru nu reprezintă însă o soluţie tehnică, întrucît creşterea temperaturii aburului supraîncălzit s-ar fi făcut pe seama micşorării suprafeţei fierbătoare, deci pe seama reducerii debitului.

Aşadar, acest lucru trebuie făcut pe seama reducerii pierderilor la coş, adică a reducerii temperaturii gazelor arse la coş.

Cum amplificarea supraîncălzitorului existent nu se putea face din lipsă de spaţiu, am conceput şi proiectat un supraîncălzitor separat, pe care l-am amplasat în canalul de gaze dinaintea economizorului, folosind astfel un spaţiu mort pe care l-am mărit şi amenajat în acest sens, canalul respectiv servind înainte de modificare numai pentru a dirija gazele arse la ieşire din cazanul propriu-zis de sus în jos, pentru ca acestea să poată apoi parcurge economizorul de jos în sus, ventilatoarele de gaze fiind amplasate sus, deasupra economizorului.

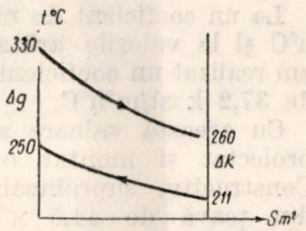


Fig. 4

Locul unde a fost amplasat acest supraîncălzitor este indicat în figura 1. În schiţa din fig. 3 este indicat de asemenea acest loc, precum şi amenajarea care s-a făcut pentru a se mări spaţiul în care a fost montat supraîncălzitorul.

Supraîncălzitorul l-am proiectat pentru realizarea unei supraîncălziri de 50°C, adică de la 210°C (temperatura de saturaţie) pînă la 260°C, (temperatură cu care aburul intră în supraîncălzitorul iniţial şi de aici la utilizare).

Faţă de circuitul de abur, supraîncălzitorul suplimentar a fost amplasat în serie cu cel iniţial, şi anume în amonte de acesta, iar faţă de circuitul de gaze în aval, înainte de economizor.

Circulaţia relativă a aburului faţă de cea a gazelor de ardere se face în contracurent.

Repartiţia temperaturilor celor două fluide se face după schema din fig. 4.

În schemă (fig. 4) s-a calculat un (Δt) mediu logaritmic de 66,6°C, ceea ce corespunde la o răcire a gazelor de ardere de la 330 la 260°C.

Pentru a monta un minim de suprafaţă pentru efectul de supraîncălzire urmărit, am căutat să realizăm un coeficient de transmitere K_s cît mai mare. Realizarea unei valori mărite a lui K_s în condiţii de temperatură relativ coborîtă a gazelor de ardere a constituit însă o problemă.

Pentru rezolvarea acestei probleme am ţinut cont de toate posibilităţile tehnice, astfel:

— Am impus gazelor de ardere o viteză corespunzătoare pentru a mări coeficientul de trecere de la gaze la ţeavă, fără însă a realiza căderi de presiune prea mari pe drumul de gaze.

— În acelaşi scop (mărirea coeficientului de transmitere de la gaze la ţeavă) am dispus ţevile în eşichier şi pe un număr cît mai mare de rînduri: (620 rînduri).

Am realizat astfel o valoare α_g = 38 kcal/m²h°C

— De asemenea pentru mărirea coeficientului de transmitere de la țeavă la abur am ales o viteză favorabilă a aburului (16,1 m/s), de așa natură încît creșterea coeficientului să nu se facă cu o creștere prea mare a căderii de presiune pe drumul de aburi. În același scop am ales o lungime de parcurs a aburului (lungimea serpentinei de la intrare la ieșire) nu prea mare, dat fiind faptul că o dată cu creșterea lungimii coeficientul scade.

Am realizat în acest fel o valoare $\alpha_1 = 580 \frac{\text{kcal}}{\text{m}^2\text{h°C}}$.

La un coeficient de radiație de 2,373 kcal/m² h°C și la valorile arătate mai sus pentru și am realizat un coeficient total de transmisie K_s de 37,2 kcal/m²h°C.

Cu această valoare a coeficientului K_s am proiectat și montat o suprafață de 200 m². Constructiv, supraîncălzitorul a fost realizat din țeavă de 44,5 × 4 mm STAS 507-49.

El se compune din două colectoare (unul de intrare și altul de ieșire), între care sînt prinse un număr de două rînduri de serpentine a cîte 15 buc. pe rînd, așezate în eșichier cu pasul $S = 2d$.

Între cele două colectoare serpentinele fac un număr de cinci bucle la o rază de 120 mm, astfel încît în plan vertical țevile apar simetric dispuse, ceea ce face ca gazele de ardere să parcurgă supraîncălzitorul după o sinusoidă, atingînd intim și pe o suprafață cît mai mare circumferința țevilor.

Dispoziția supraîncălzitorului a fost aleasă în D conform fig. 5.

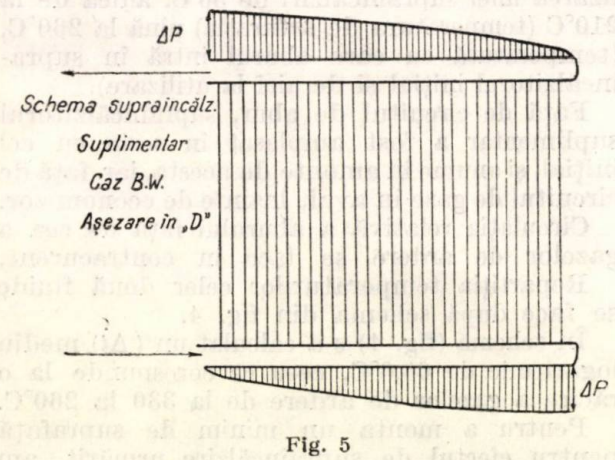


Fig. 5

Această dispoziție oferă posibilitatea ca în orice punct suma căderilor de presiune realizată în colectoare să fie egală, ceea ce face ca distribuția aburului din colectorul de intrare în serpentine să se facă în mod egal.

Întregul ansamblu este sprijinit de două reazeme realizate din cîte două profile U 14 încastrate în pereții laterali ai canalului de gaze.

De aceste reazeme sînt prinse în bolțuri cu șurub piesele de distanță și susținere realizate din tablă de 10 mm, sub forma unor șicane. Tabla și gîrnzile sînt din oțel obișnuit neprotejat, deoarece temperatura gazelor la acest nivel nu reclamă acest lucru.

Pentru suflarea de funingine am prevăzut dispozitive fixe cu duze convergent divergente funcționînd cu abur.

VIII. Performanțe obținute după montarea supraîncălzitorului suplimentar

Conform probelor ce s-au efectuat, după modificare s-au obținut — cu un cărbune de 2 986 kcal/kg — la sarcina maximă următoarele performanțe :

— Durata probei : 120 min
— Consumul orar de cărbune :5 700 kg/h
— Temperatura apei de alimentare : 52°C
— Temperatura aburului la intrare în supr. supl. : 210°C
— Temperatura aburului la ieșire din supraîncălzitor supl. 259°C
— Temperatura aburului la ieșire din cazan : 354°C
— Debitul de apă : 18,75 t/h
— Vaporizarea specifică : 28kg/m²h
— Randament brut : 76,5 %
— Temperatura gazelor în focar : 1 060°C
— Temperatura gazelor la ieșire din cazan (la intrare în supraîncălzitorul suplimentar) : 338°C
— Temperatura gazelor la ieșire din supraîncălzitorul suplimentar (la intrare în economizor) : 276,4°C
— Temperatura gazelor la coș : 154°C
— CO_2 la ieșire din cazan : 14 %
— CO_2 la coș : 9,88 %
— Depresiunea în focar : 2,4 mm c.a.
— Depresiunea înainte de supraîncălzitorul suplimentar : 12,10 mm col. apă.
— Depresiunea după supraîncălzitor supl. : 16,75 mm col. apă.
— Depresiunea după economizor : 34 mm col. apă.

Față de performanțele anterioare observăm următoarele :

— Temperatura aburului supraîncălzit a crescut de la 305 la 354 adică cu 49°C, depășind cu 354—347 = 7°C temperatura avută la recepție în anul 1931.
— Temperatura gazelor de ardere la coș scade de la 190° la 154°C.
— Randamentul brut crește.

Căderea suplimentară de presiune pe drumul de gaze de ardere a crescut cu 16,75—12,10= 4,65 mm col. apă, iar pe drumul de aburi cu 0,5 kg/cm².

Prin efectuarea lucrărilor descrise au fost realizate economii importante.

Soluția aceasta se poate aplica, cu mici modificări constructive, la cazanele de acest tip din țară, care — din diverse motive (ecranări, scădere de putere calorică, distrugerea șicanelor de fontă din fascicolul de convecție etc.) — nu mai realizează temperaturile normale la aburul supraîncălzit și mai ales acolo unde turbinele reclamă acest lucru.

Instalaţie portabilă pentru verificarea debitmetrelor şi indicatoarelor de nivel bazate pe principiul diferenţei de presiune

Ing. C. RACOVEANU

În prezent, verificarea în laborator şi în mare parte pe teren a aparatelor de măsurat bazate pe principiul diferenţei de presiune se execută folosind ca agent motor aerul comprimat ce lucrează asupra apei.

Schema de principiu a întregii instalaţii este cunoscută [1] şi, de altfel, a fost descrisă amănunţit, arătîndu-i-se toate avantajele [3]. Despre verificarea numai cu ajutorul aerului comprimat nu-i cazul să mai amintim. În prezent se mai foloseşte la verificarea aparatelor a căror cădere de presiune este sub 50 mm Hg, adică atunci cînd lichidul de umplere a manometrului etalon U este apa.

„Instalaţia portabilă pentru verificarea aparatelor bazate pe principiul diferenţei de presiune" [2] şi „instalaţia portabilă auxiliară" [3] pe lîngă avantajele pe care le-au prezentat, au şi o serie de dezavantaje, şi anume :

— un volum relativ mare datorit în special rezervorului pentru aer comprimat ;

— transportarea celor 3 elemente ale completului greoaie ;

— impune necesitatea aşezării (eventual a fixării) fiecărei cutii separat, ceea ce măreşte timpul de pregătire a lucrării ;

— racordarea tuburilor de cauciuc de la instalaţia portabilă ce conţine manometrul U cu cele de la instalaţia portabilă auxiliară, umplerea cu apă a celor două vase de sticlă necesită timp în plus ;

— rezervorul pentru aer comprimat (ca să permită cîteva verificări) trebuie să aibă un volum relativ mare — dacă se foloseşte un rezervor mic încărcat la o presiune mare se îngreunează într-o oarecare măsură operaţia de reglare ;

— în cazul cînd se foloseşte o pompă pentru crearea presiunii în rezervor la locul verificării, aceasta necesită efort fizic, contribuind şi la mărirea timpului necesar unei verificări.

Neajunsurile arătate pot fi însă eliminate prin folosirea instalaţiei portabile, la care verificarea se execută numai cu ajutorul apei.

1. Domeniul de utilizare, erori

Instalaţia portabilă propusă permite reglarea şi verificarea tuturor aparatelor bazate pe principiul diferenţei de presiune pentru lichide, a căror presiune este mai mare de 50 mm Hg, adică a aparatelor la care se foloseşte manomentrul U cu mercur.

Precizia măsurătorii va fi asigurată de o bună executare şi de o exploatare corectă a manometrului etalon U [2].

2. Descrierea instalaţiei şi modul de utilizare

a) Descriere. Instalaţia (fig. 1) este compusă din trei părţi principale : un manometru etalon U, (1) un vas (*2*) şi o pară din cauciuc cu accesorii (*3*), pentru crearea presiunii.

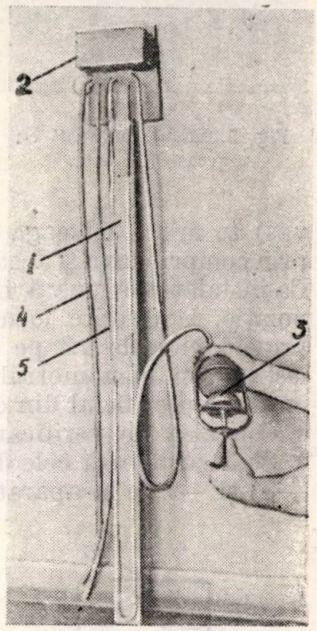


Fig. 1. Instalaţie pentru verificarea aparatelor bazate pe principiul diferenţei de presiune.

Volumul perei este de cca. 300 cm³ apă, fiind suficient pentru a dislocui, în aparatul de verificat şi în manometrul etalon U o coloană de mercur de peste 1000 mm Hg. În cazul că sînt debitmetre la care este necesar un volum mai mare, se va folosi o pară corespunzătoare.

Volumul vasului (—) este 600 — 1 000 cm³.

La vasul (—) sînt sudate ţevile (Ø 10 mm) (*1*), (*2*) şi (*3*) ce folosesc pentru racordarea vasului, respectiv la (—) aparatul de verificat, la (—) manometrul etalon *U* şi la ventilul de egalizare (*4*). De ţevile (*1*) şi (*2*) este fixată — lipită sau sudată — ţeava (*9—6*) cu stuţurile (*6*) şi (*8*) (fig. 2).

La (*9*) se racordează para de cauciuc, iar prin (*6*), (*7*), (*8*) se face legătura acesteia cu tuburile (+) ale aparatului de verificat, manometrului etalon *U* şi cu ventilul de egalizare (*4*).

Legăturile de la (*2*), (*3*), (*7*), (*8*), (*9*) cu aparatele respective se fac o singură dată, rămînînd libere capetele tuburilor de cauciuc racordate la (*1*) şi (*6*).

Prin aceste tuburi se face legătura cu aparatul de verificat.

Toate aceste elemente sînt fixate într-o cutie de lemn.

b) Modul de utilizare. Schema de principiu a instalaţiei este dată în fig. 3. După ce în

manometrul de sticlă etalon s-a introdus mercur pînă la jumătate, se umple cu apă şi se racordează cu (—) la (*2*) şi cu (+) la (*7*).

Se umple cu apă para şi tubul respectiv şi se racordează la (*9*). Deschizînd ventilul de egalizare (*4*) şi închizînd la capăt prin clemele (*11*) tuburile de cauciuc folosite pentru racordarea la aparatul de verificat, prin orificiul (*10*) din capac se umple cu apă vasul. Se deschid tuburile de cauciuc la capăt şi se lasă să curgă apa pînă ce nivelul a ajuns la jumătatea vasului, apoi se închid. Pentru eliminarea aerului din instalaţie (exclusiv acela din vas) se mişcă întreaga coloană de apă şi mercur prin comprimarea şi destinderea perei de cauciuc. Ca instalaţia să poată fi transportată în orice poziţie, la diferite locuri de verificare, se mai prevăd clemele *12* pe tuburile de cauciuc, la ieşirea din manometrul etalon U şi se închide cu un dop orificiul din capacul vasului.

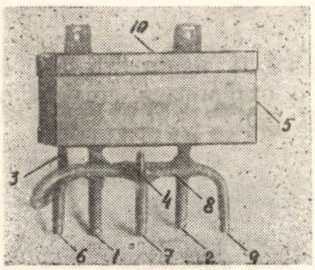


Fig. 2. Vasul „minus" cu accesoriile sale.

Operaţia de verificare decurge astfel:

Se deşurubează cele două conducte de impuls ((+) şi —) de la aparatul de verificat, se montează la aparat cîte o reducţie, se racordează la cele 2 tuburi de cauciuc (+) la (+) şi (—) la (—), se desfac clemele (*11*), (*12*) şi se deschide orificiul (*10*) al vasului. Se elimină eventualele bule de aer prin comprimarea şi strîngerea perei (ventilele de egalizare (*4*) şi (*13*) se închid şi se deschid succesiv) (în tuburile de cauciuc se pot intercala tuburi de sticlă pentru control). Închizînd ventilele de egalizare (*4*) şi (*13*) se roteşte în sensul înşurubării mînerul şurubului (*14*) comprimînd para de cauciuc. Prin aceasta se acţionează asupra mercurului din aparat şi manometrul diferenţial etalon.

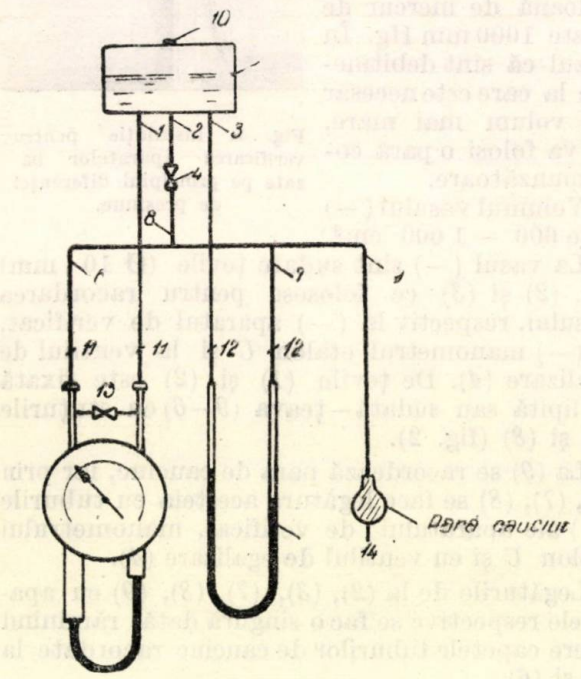


Fig. 3. Schema de principiu a instalaţiei.

Cînd se ajunge la punctele dorite se întrerupe acţionarea şurubului. La revenire se roteşte mînerul în sensul deşurubării, iar cînd s-a ajuns la zero se deschid ventilele de egalizare (*4*) şi (*13*).

Schimbarea nivelului în vas nu influenţează rezultatele măsurărilor, întrucît nivelul respectiv acţionează identic asupra aparatului de verificat şi asupra manometrului etalon U.

3. Concluzii

Folosirea instalaţiei portabile propusă pentru verificarea debitmetrelor şi indicatoarelor de nivel bazate pe principiul diferenţei de presiune prezintă următoarele avantaje faţă de celelalte:

— asigură o reglare exactă şi în timp record a tuturor aparatelor diferenţiale;

— nu mai este necesară instalaţia auxiliară;

— nu mai este necesar rezervorul pentru aer comprimat, fiind înlocuit printr-o pară de cauciuc cu greutate şi volum neglijabil;

— toată instalaţia are greutatea mult mai mică decît completul rezervor, instalaţie portabilă şi instalaţie auxiliară;

— fiind o singură cutie se pretează mai bine la transport şi la fixarea la locul de verificare;

— elimină necesitatea executării pentru fiecare verificare a legăturilor între instalaţia de verificare, instalaţia auxiliară şi rezervor, micşorîndu-se astfel timpul necesar pregătirii lucrării;

— se uşurează la minim munca persoanei care execută reglarea sau verificarea;

— este mai ieftină şi uşor de realizat.

În afară de aceste avantaje instalaţia propusă se bucură de toate avantajele arătate pentru „Instalaţia portabilă pentru verificarea aparatelor bazate pe principiul diferenţei de presiune" [2] şi pentru „Instalaţia portabilă auxiliară" [3].

Folosirea acestei instalaţii va uşura munca verificatorilor şi va reduce la minim timpul necesar pregătirii şi executării verificării.

Bibliografie

[1] Murin G. A.: *Măsurători termotehnice* E.E.S. 1954, pag. 312.

[2] Lambert V. şi Gartner R.: *Instalaţie portabilă pentru verificarea aparatelor bazate pe principiul diferenţei de presiune.* Metrologia aplicată nr. 1 · 1959.

[3] Lambert V. şi Gartner R.: *Instalaţie portabilă auxiliară pentru verificarea debitmetrelor.* Metrologia aplicată nr. 4, 1959.

Simposionul „Noi realizări în energetica U.R.S.S."

Consiliul Central ASIT în colaborare cu Filiala Regională ASIT-Bucureşti Secţia Energetică-Electrotehnică şi Cercul ASIT—ISPE a organizat la 4 noiembrie 1960 în cadrul manifestărilor Lunii prieteniei romîno-sovietice simposionul „Noi realizări în energetica U.R.S.S.".

La masa prezidiului au luat loc tov. : conf. ing. *N. Gheorghiu* adjunct al Ministrului Industriei Grele, preşedinte al Secţiei Energetică-Electrotehnică din Consiliul Central ASIT, prof. *M. Bercovici*, membru corespondent al Acad. R.P.R., Laureat al Premiului de Stat, prof. *C. Dinculescu* membru corespondent al Acad. R.P.R., rectorul Institutului Politehnic Bucureşti, preşedinte al Comitetului Naţional Romîn pentru Conferinţa Mondială a Energiei, prof. *Remus Răduleţ* membru corespondent al Academiei R.P.R., directorul Institutului de Energetică al Acad. R.P.R. şi prof. dr. ing. *Cristea Mateescu* membru corespondent al Acad. R.P.R.

„GOERLO" elaborat în 1920 şi pînă la planul septenal în curs de desfăşurare pentru perioada 1959—1965.

Planul septenal în curs de desfăşurare cuprinde un program măreţ. Prin amploarea lui, nu are egal în istorie. Succese răsunătoare au fost obţinute chiar din primul an.

Producţia totală de energie electrică a ajuns la 264 miliarde kWh cu un spor de 12,2 % faţă de anul 1958, iar puterea totală a atins 59,2 milioane de kW cu un spor de putere instalată în cursul anului de 5,5 milioane kW.

Cantitatea de 28,6 miliarde kWh cu care a crescut producţia în 1959 este egală cu întreaga producţie a anului 1935.

S-au construit 12 500 km linii de foarte înaltă tensiune de menţionat fiind, în mod deosebit, linia de 500 kV Stalingrad. Moscova unica linie din lume funcţionînd la această tensiune*)-

Conf. ing. N. Gheorghiu, adjunct al Ministrului Industriei Grele rostind cuvîntul introductiv

În faţa unei numeroase asistenţe de ingineri şi tehnicieni din Instituţiile şi Întreprinderile energetice din Capitală tov. conf. ing. *N. Gheorghiu* adj. al Ministrului Industriei Grele a rostit un cuvînt introductiv.

După ce a trecut în revistă realizările excepţionale obţinute de Uniunea Sovietică de la Marea Revoluţie din Octombrie şi pînă în prezent, vorbitorul s-a oprit asupra celor mai însemnate realizări în domeniul energeticei, care demonstrează justeţea măreţului plan de electrificare trasat de marele Lenin imediat după revoluţia din octombrie. Geniala gîndire a lui *Vladimir Ilici Lenin* exprimată prin cuvintele înţelepte şi clarvăzătoare *„comunismul este puterea sovietică plus electrificarea întregei ţări"* a fost îndreptarul întregei dezvoltări a electrificării sovietice, începînd cu celebrul plan

În domeniul construcţiei de uzini hidroelectrice dezvoltarea realizată este elocvent demonstrată de marele salt de la primele UHE de mică putere la marile centrale ca Voljskaia cu o putere instalată de 2 300 000 kW în unităţi de cîte 115 000 kW şi Bratsk care va avea o putere instalată de 4 500 000 kW cu turbogeneratoare de cîte 225 000 kW.

În domeniul producţiei termoelectrice principalele realizări vor fi cele 20 de centrale mari cu puteri instalate între 1 000 000 şi 2 400 000 kW. Puterea unitară a turbinelor şi cazanelor în fabricaţie este în creştere continuă, trecînd

*) Pentru transportul energiei electrice se vor construi în septenal 200 000 km de linii de tensiuni înalte şi foarte înalte, între 75 şi 500 kV şi 7 000 staţii.

treptat de la 150 000 kW şi 500 t abur/h la 600 000 kW şi 1 800 t abur/h, astfel că în cursul septenalului vor fi instalate 40 agregate de cîte 200 000 kW, 30 agregate de cîte 300 000 kW şi vor apare primele agregate de 600 000 kW. Acest lucru va avea o însemnătate hotărîtoare, o turbină de 600 000 kW necesitînd de 2,5 ori mai puţin metal pe kW instalat decît o turbină de 100 000 kW, o centrală de 2 400 000 kW costînd cu 45% mai puţin dacă e realizată cu unităţi de 600 000 kW în loc de unităţi de 300 000 kW.

În cursul septenalului se va accentua interesul pentru turbine de gaz, trecîndu-se la fabricarea de unităţi de cîte 100 000 kW.

De asemenea, se va face un pas important în domeniul energiei nucleare dîndu-se în exploatare o serie de centrale atomoelectrice cu reactoare de diferite tipuri.

În următorii 15—20 ani puterea va creşte de aproximativ 7—8 ori. Acest ritm rapid se va realiza prin construirea unor mari termocentrale cu o putere de pînă la 2 400 000 kW precum şi hidrocentralele cu o putere de 5—6 milioane kW cu agregate pînă la 500 000 kW. Tot în această perioadă se vor realiza reţele magistrale şi de distribuţie de înaltă tensiune cu o lungime de 100 000 km.

În continuare asistenţa a urmărit cu un viu interes referatul tov. conf. ing. *Fl. Iorgulescu* director tehnic ISPE *„Soluţii noi în proiectarea şi execuţia centralelor hidroelectrice"*.

Subliniind importanţa pe care o au centralele hidroelectrice la acoperirea vîrfului de sarcină, reglajului frecvenţei şi asigurarea unor rezerve de putere în sistemele energetice ale U.R.S.S. vorbitorul a arătat că greutatea specifică a hidrocentralelor trebuie să fie — conform ultimelor cercetări — de 15 — 20 %. În Siberia există mari posibilităţi pentru executarea unor hidrocentrale ieftine ca cele de la : Bratsk, Boguciansk, Ust-Ilinsk, Krasnoiarsk, Enisei etc.

Construcţia acestor mari UHE va sta la baza formării sistemului energetic unic al U.R.S.S. În septenal se vor instala 10 — 13 milioane kW în UHE faţă de 47 — 50 milioane kW în termocentrale.

Costul mediu al kW instalat în UHE trebuie să scadă de la 4 000 la 1 700 — 2 000 ruble pe kW instalat, iar durata de execuţie a hidrocentralelor mari de la 8—10 ani la 4—5 ani.

În continuare, vorbitorul a prezentat modul în care hidrotehnica sovietică a atacat problema barajelor în arc, soluţiile adoptate în ultima vreme la construcţia hidrocentralei de la Krasnoiarsk, trecerea la folosirea pe scară largă a prefabricatelor în construcţiile hidrotehnice, unele tendinţe noi în domeniul echipamentelor UHE.

În încheierea tov. Fl. Iorgulescu a subliniat că modul nou, creator şi îndrăzneţ în care atacă acum hidroenergeticienii sovietici problemele reducerii costului şi scurtării duratei de execuţie a UHE poate constitui şi pentru noi o pildă şi un îndemn pentru obţinerea unor noi succese la construcţiile hidroenergetice din ţara noastră.

A urmat referatul tov. conf. ing. *E. Constantinescu* inginer şef ISPE *„Tendinţe noi în domeniul liniilor şi staţiilor de înaltă tensiune în U.R.S.S."* În prima parte a referatului s-a insistat asupra liniilor electrice de transport în lumina reducerii costului lor, fiind prezentate o serie de îmbunătăţiri aduse stîlpilor armăturilor şi în general în tehnologia construcţiei liniilor.

În analiza staţiilor de transformare s-au exemplificat îmbunătăţirile şi simplificările aduse aparatajului, schemelor de conexiuni primare, instalaţiilor pentru protecţia împotriva supratensiunilor, elementelor constructive, cît şi industrializarea construcţiei şi simplificarea exploatării. Din cele arătate a rezultat că în prezent în construcţia liniilor şi staţiilor din U.R.S.S. se evidenţiază două tendinţe principale.

1). Simplificarea construcţiei şi exploatării instalaţiilor reţelelor de transport şi distribuţie datorită îmbunătăţirii calităţii echipamentului şi creşterii experienţei de exploatare şi a gradului de cunoaştere a fenomenelor, ceea ce conduce la reducerea apreciabilă a investiţiilor şi la îmbunătăţirea condiţiilor de alimentare cerute de gradul actual de dezvoltare a reţelelor.

2). Industrializarea construcţiilor pe baza uniformizării soluţiilor, în special în scopul reducerii timpului de execuţie.

În încheiere, referentul a arătat că folosind în mod just experienţa remarcabilă acumulată în U.R.S.S. în domeniul electroenergeticei vom reuşi să facem faţă sarcinilor mari cuprinse în directivele Congresului al III-lea al P.M.R. contribuind prin aceasta la dezvoltarea electrificării patriei noastre, la desăvîrşirea construcţiei socialismului.

În încheierea simpozionului tov. conf. ing. *V. Nitu* inginer şef ISPE a prezentat referatul *„Dezvoltarea termoenergeticei sovietice"*. Din lucrările Congresului al XXI-lea al P.C.U.S. a reieşit în mod clar tabloul dezvoltării energeticei, subliniindu-se preponderenţa sectorului termoenergetic. Astfel, în cadrul septenalului, puterea instalată în termocentrale va creşte cu circa 50 000 000 kW, dintre care circa 34 000 000 kW se vor instala în mari termocentrale cu condensaţie şi 16 000 000 kW în centrale de termoficare.

Realizarea acestui vast program se va face în special prin construirea de termocentrale cu puteri mari de 1 200 şi 2 400 MW, echipate cu turbine de 150 ; 300 ; 460 şi uneori 600 MW şi folosind parametri foarte ridicaţi ai aburului — 240 ata, 580°C şi eventual 300 ata, 650°C.

Din studiile tehnico-economice întocmite de energeticienii sovietici rezultă că economiile realizate prin mărirea numărului de grupuri respectiv a puterii instalate într-o termocentrală de la 400 MW (2 × 200 MW) la 1 600 MW (8 × × 200 MW) se realizează o scădere a investiţiilor cu 17%, a costului energiei, cu 10% şi a personalului, cu 68%. O eficacitate maximă se obţine la trecerea dela două la 8 grupuri. O mărire în continuare a numărului agregatelor are un efect insensibil.

Mărirea puterii unitare a grupurilor conduce la dificultăţi constructive. La cazan, pentru a realiza suprafeţe mari de radiaţie se recurge la cazane cu două focare jumelate. Sînt în construcţie cazane de 950 t/h şi se vor construi cazane de 1 900 t/h.

În ce priveşte construcţia de turbine au fost propuse următoarele tipuri de mare putere :

a) 150 şi 200 MW cu dublu flux, în curs de realizare ;
b) 300 MW cu trei şi patru fluxuri ;
c) 400 şi 500 MW cu patru fluxuri ;
d) turbine de 600 MW cu şase şi opt fluxuri, executate pe două linii de arbori.

În continuarea referatului, tov. ing. V. Nitu a prezentat unele principii constructive ale noilor centrale. Una dintre metodele folosite pentru micşorarea costului termocentralelor şi a duratei de execuţie este reducerea volumului părţii constructive şi în special a corpului principal. Astfel, prin introducerea prefabricatelor se ajunge la o reducere a consumului de oţel de 30—35% şi o scurtare a duratei de execuţie a centralei. Pentru noile centrale se prevede folosirea prefabricatelor în proporţie de 90—92% şi reducerea numărului de tipuri de prefabricate la 33—35, din care 16—18 pentru corpul principal. Se vor folosi piese prefabricate masive atingînd greutăţi de 75 t. O mare eficacitate economică, o va avea montajul exterior al agregatelor.

În încheiere referentul a prezentat proiectele tip de termocentrale ce se vor realiza în septenalul şi dezvoltarea deosebită pe care o cunoaşte în U.R.S.S. termoficarea.

N.S. şi D.B.

СОДЕРЖАНИЕ

ДК. 621.311.26: 621.165: 621.438

Aschendorf. A и *Vezeanu P.:* **Парогазовые комбинированные циклы**

Представлено несколько схем комбинированных парогазотурбинных установок и указаны преимущества их применения:

— повышение к.п.д.;

— увеличение мощности существующих централей.

Экономичность этой установки сравнивается с экономичностью паротурбинной схемы и затем с экономичностью схемы газотурбины в случае комбинированной парогазотурбинной установки, причем отмечаются преимущества комбинированной установки.

Energetica 8 (1960) nr. 11, стр. 473–478

ДК. 621.314.223

Potolea E.: **Расчет двухфазной работы автотрансформаторных сетей**

Анализируется работа автоматических трансформаторов в режиме с прерванной фазой в сетях с непосредственно заземленным нулем. Автор уточняет эквивалентные схемы автоматического трансформатора и приводит численный пример расчета.

Energetica 8 (1960), nr. 11, стр. 479–487

ДК. 621.315.661.00273

Vaicum Al.: **Новый расчетный метод эластично вероенных оснований**

В отличие от применяемых в настоящее время методов расчета опорных оснований, разработанных на основе допускаемых давлений методов, в основу которых положены предельные состояния, автор предлагает новый метод „предельных давлений". Дается описание нового метода и указываются его преимущества.

Energetica 8 (1960), nr. 11, стр. 488–503

ДК. 621.175.1.004

Székely L. и *Păianu S.:* **Применение флуоресцинового раствора и ультравиолетовых ламп для определения негерметинности конденсаторов**

Дается описание опытов проведенных на ТЕЦ Агиреш по выявлению неплотностей в конденсаторах, при помощи флуоресцинового раствора, подвергаемого ультрафиолетовому облучению.

Energetica 8 (1960), nr. 11, ртр. 503–504

ДК. 621.315.27.004

László T.: **Усовершенствованный метод пробоя и выжига переменным током аварийных подземных кабелей**

Автор дает описание аппарата для выявления дефектов подземных кабелей, в основу которого положен принцип резонанса. Аппарат был сконструирован автором в рамках Тимишоарского областного электроэнергетического предприятия. Испытание аппарата в эксплуатации дали положительные результата.

Energetica 8 (1860), nr. 11, стр. 505–508

ДК. 621.311.22: 621.181.009

Dinu Arsene: **Повышение температуры пара в котлах ТЭЦ Скиту Голешть**

Описаны работы, проведенные на котле типа Бабкок-Вилькокс на 18 тонн/час для повышения температуры перегрева пара. Указано положение, создавшееся до проведения описанных мероприятий.

Energetica 8 (1960), nr. 11, стр. 508–512

ДК. 620.151.627.133

Racoveanu C.: **Переносная установка для проверки расходомеров и показателя уровня, основанная на принципе перепада давления**

Автор описывает переносную установку для проверки расходомеров и показателя уровня, при помощи которой контроль производстся лишь с применением воды, что исключает неудобство установок подобного рода, нуждающихся в сжатом воздухе.

Energetica 8 (1960), nr. 11, стр 513–514

ХРОНИКА, СТР. 515–516

INHALTSVERZEICHNIS

DK 621.311.26 : 621.165 : 621.438

Vezeanu P. und *Aschendorf A.*: **Kombinierte Dampf- Gas-Kreisläufe**

Untersuchung der Wärmeschaltbilder einiger kombinierter Dampf- und Gasturbinenanlagen, mit Hinweis auf deren Vorteile und zwar: Steigerung des Wirkungsgrads und Erhöhung der Leistung bestehender Werke. Die Vorteile kombinierter Anlagen ergeben sich aus dem jeweiligen Vergleich der Wirtschaftlichkeit des Wärmeschaltbilds verbundener Dampf- und Gasturbinenanlagen mit jenen von Dampf- bezw. Gasturbinenanlagen.

Energetica *8* (1960) H. 11, S. 473–478

DK 621.314.223

Potolea E.: **Die Berechnung des Funktionierens der Spartransformatoren bei zweiphasigem Betrieb**

Es wird die Funktionsweise der Spartransformatoren bei Betrieb mit einer unterbrochenen Phase in Netzen mit starr geerdetem Nullpunkt untersucht. Dabei wird von aequivalenten Schaltbildern der Spartransformatoren ausgegangen. Es wird ein Rechnungsbeispiel angeführt.

Energetica *8* (1960) H. 11, S. 479–487

DK 621.315.661.002.73

Vaicum Al.: **Ein neues Berechnungsverfahren für elastisch eingespannte Mastgründungen**

Der Verfasser entwickelt ein neues Verfahren für Bemessung von Mastgründungen, welches gegenüber den bisher gebräuchlichen, auf den zulässigen Druck oder auf den Grenzzuständen fussenden Verfahren, den Grenzdruck zur Grundlage hat. Das neue Verfahren wird mit seinen Vorteilen beschrieben.

Energetica *8* (1960) H. 11, S. 488–503

DK 621.175.1.004

Székely L. und *Păian S.*: **Die Anwendung der Fluoreszeinlösung und der Ultravioletttstrahlungstampe für die Bestimmung der Leckstellen an den Dampfkondensatoren**

Beschreibung der in Dampfkraftwerk Aghireş unternommenen Versuche zur Entdeckung von Leckstellen von Dampfkondensatoren mit Hilfe einer UV- bestrahlten fluoreszenten Flüssigkeit.

Energetica *8* (1960) H. 11, S. 503–504

DK 621.315.29.004

László T.: **Ein neues verbessertes Verfahren für Durchschlagen und Ausbrennen schadhafter unterirdischer Kabel**

Beschreibung eines auf dem Resonanzprinzip beruhenden Geräts für Ausbrennung schadhafter Stellen von unterirdisch verlegten Kabeln. Das Gerät ist vom Verfasser im Rahmen des EVU Timişoara entwickelt worden und hat gute Betriebsergebnisse gezeitigt.

Energetica *8* (1960) H. 11, S. 505–508

DK 621.311.22 : 621.181.004

Dinu Arsene: **Erhöhung der Temperatur des überhitzten Dampfes an den Kesseln des Wärmekraftwerks Schitu Goleşti**

Beschreibung der bei einem Babcock-Wilcox-Kessel mit einer Dampf-Leistung von 18 t/h vorgenommenen Änderungen zwecks Erhöhung der Dampfüberhitzung, mit Hinweis auf die Umstände welche die Änderung erforderlich gemacht haben.

Energetica *8* (1960) H. 11, S. 508–512

DK 620.15 : 627.133

Racoveanu C.: **Tragbares durch Druckgefälle betätigtes Gerät für Prüfung von Wassermengengenmessern und Wasserstandanzeigern**

Der Verfasser beschreibt eine tragbare Vorrichtung zur Überprüfung von Durchlussmengenmessern und Wasserstandanzeigern. Durch Verwendung des Druckgefälles zur Betätigung des Geräts werden die Nachteile der für denselben Zweck verwendeten Druckluftgeräte vermieden.

Energetica *8* (1960) H. 11, S. 513–514

CHRONIK, S. 515–516

SOMMAIRE

CD 621.311.26 : 621.165 : 621.438

Aschendorf A. et *Vezeanu P.* : **Cycles combinés vapeur d'eau-gaz**

On présente plusieurs schémas des installations combinées de turbines à vapeur et à gaz ainsi que les avantages de l'utilisation de celles-ci, à savoir :

— l'accroissement du rendement

— l'augmentation de la puissance des centrales existantes.

Dans le cas du schéma de l'installation combinée de turbines à vapeurs d'eau et à gaz, on compare l'efficacité économique de cette installation à l'efficacité économique du schéma aux turbines à vapeur et, ensuite, à l'eficacité économique du schéma aux turbines à gaz, mettant en évidence les avantages de l'installation combinée.

Energetica *8* (1960) no. 11, p. 473—478

CD 621.314.223

Potolea E. : **Le calcul du functionnement en deux phases des réseaux à l'aide d'autotransformateurs**

L'article comprend une analyse du fonctionnement des autotransformateurs dans le régime de fonctionnement à une phase interrompue dans des réseaux au neutre directement mis à la terre. L'auteur part de l'établissement des schémas équivalents de l'autotransformateur et donne aussi un exemple numérique de calcul.

Energetica *8* (1960) no. 11, p. 479—487

CD 621.315.661.002.73

Vaicum Al. : **Une nouvelle méthode de calcul pour les fondations encastrées de manière élastique,**

Par rapport aux catégories des méthodes appliquées actuellement pour le dimensionnement des fondations des pylônes, à savoir : des méthodes basées sur des pressions admissibles et des méthodes basées sur les états-limite, l'auteur développe une nouvelle méthode, dénommée „des pressions limite". Il décrit cette nouvelle méthode en faisant ressortir les avantages de celle-ci.

Energetica *8* (1960) no. 11, p. 488—503

CD 621.175.1.004

Székely L. et *Păian S.* : **L'emploi de la solution de la fluoresceéine et de la lampe à rayons ultravioletes pour établir les endrolts non-étanches aux autotransformateurs**

On décrit les essais effectués par la Centrale thermoélectrique d'Aghireș pour détecter les non-étanchéités aux condensateurs à l'aide d'une solution de fluorescéine soumise à des radiations ultraviolettes.

Energetica *8* (1960) no. 11, p. 503—504

CD 621.315.29.004

László T. : **Une méthode perfectionnée pour la perforation et la combustion, en courant alternatif, des câbles souterrains avariés**

L'auteur décrit un appareil pour la combustion des défauts dans les câbles souterrains, basé sur le principe de la résonance. L'appareil a été réalisé par l'auteur dans le cadre de l'Institut IRE, Timișoara. Son expérimentation dans l'exploitation a donné jusqu'à présent de bons résultats.

Energetica *8* (1960) no. 11, p. 505—508

CD 621.311.22 : 621 : 191.004

Dinu Arsene : **L'élévation de la température de la vapeur surchauffée dans les chaudières à la Centrale thermoélectrique Schitu Golești**

On décrit le travail effectué à une chaudière Babcock-Wilcox de 18 t/h pour élever la température de surchauffe de la vapeur. On montre les causes qui ont conduit à la situation existante avant la modification apportée.

Energetica *8* (1960) no. 11, p. 508—512

CD 620.15 : 627.133

Racoveanu C. : **Une installation portable pour la vérification des compteurs des débits et des indicateurs de niveau basés sur le principe de la différence de pression**

L'auteur décrit une installation portable pour la vérification des compteurs de débits et des indicateurs de niveau, à laquelle la vérification est exécutée seulement à l'aide de l'eau et qui élimine les désavantages des installations du même genre qui emploient l'air comprimé.

Energetica *8* (1960) no. 11, p. 513—514

CHRONIQUE, p. 515—516

CONTENTS

DC 621.311.25 : 621.165 : 621.438

Aschendorf A. and *Vezeanu P.* : **Combined steam-gas cycles**

A few schemes of the combined steam and gas turbines are presented together with the advantages of their use, viz. :

— increase in efficiency

— raise in the capacity of the existing power stations.

In the instance of the combined steam and gas turbine installation, the economic efficacy of this installation is being compared with the economic efficacy of the steam turbine scheme and, thereafter, with the economic efficacy of the gas turbine scheme, the advantages offered by the combined installation being brought thereby into prominence.

Energetica *8* (1960), no. 11, p. 473—478

DC 621.314.223

Potolea E. : **The calculus of operating in two phases of networks with autotransformers**

The author analyzes the operation of autotransformers in the operating conditions with an interrupted phase in networks with directly earthed neutral point. Starting from the establishment of the equivalent schemes of the autotransformer, the author gives also a numerical computing example.

Energetica *8* (1960), no. 11, p. 479—487

DC 621.315.661.002.73

Vaicum Al. : **A new calculating method for elastically pent-up foundations**

As compared to the categories of methods, used today for dimensioning the pylone foundations, viz. : methods based on admissible pressures and methods based on boundary states, the author developes a new method, called „boundary pressures method". This new method and its advantages are described.

Energetica *8* (1960), no. 11, p. 488—503

DC 621.175.1.004

L. Székely and *Păian S.* : **The use of the fluorescein solution and of the ultra-violet rays lamp for establishing the non-tight places at condensers**

The tests carried out by the thermoelectrical power station Aghireș are being described, for detecting the nontightnesses at condensers, by means of a fluorescein solution undergone to ultraviolet radiations.

Energetica *8* (1960), no. 11, p. 503—504

DC 621.315.29.004

László T. : **An improved method for the puncture and combustion, in alternating current, of damaged subterraneous cables**

The author describes an apparatus for the combustion of faults in underground cables, based on the resonance principle. The apparatus was achieved by the author in the framework of the Institute IRE Timișoara. The experience in its exploitation has yielded so far good results.

Energetica *8* (1960), no. 11, p. 505—508

DC 621.311.22 : 621.181.004

Dinu Arsene : **Raising the temperature of the superheated steam at the boiler of the thermoelectrical power station in Schitu Golești**

A description is given of the work carried out at a Babcock-Wilcox 18 t/h boiler, for increasing the steam temperature of superheat. The causes which have lead to the situation that existed before the modification, are shown as well.

Energetica *8* (1960), no. 11, p. 508—512

DC 620.15 : 627.133

Racoveanu C. : **A portable installation for verifying delivery meters and level-gauges, based on the principle of the difference of pressure**

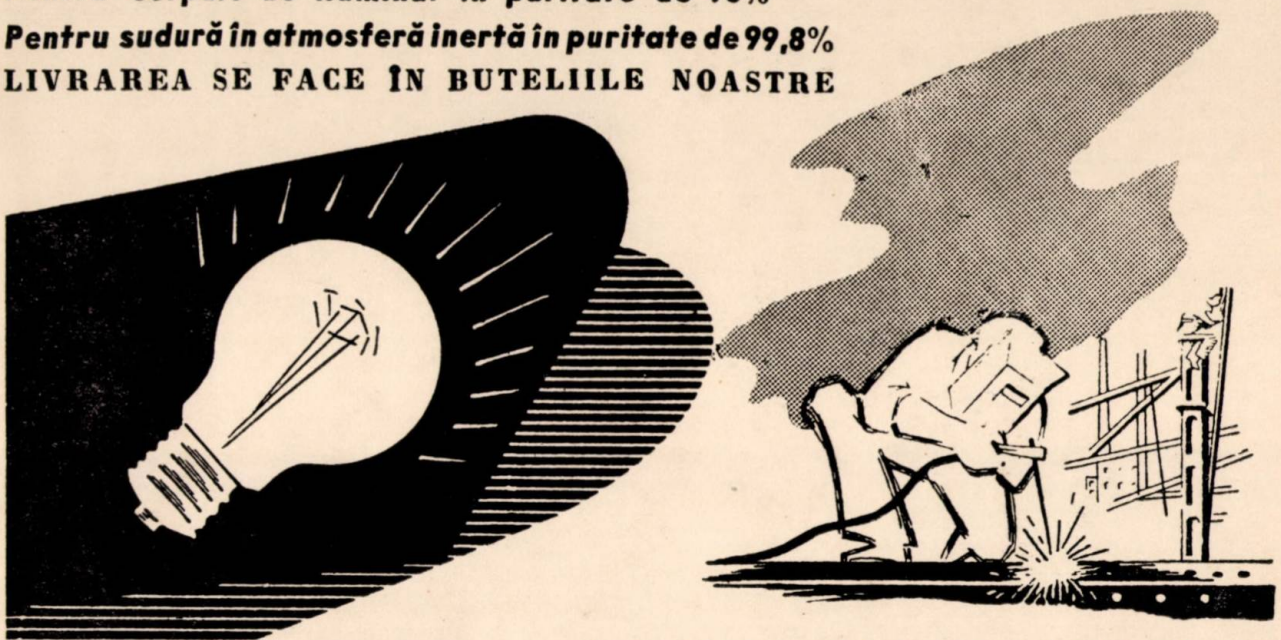
The author describes a portable installation for verifying delivery meters and level-gauges, on which the verification is made only with the aid of water and which removes the shortcomings of the installations, of the same kind, that apply compressed air.

Energetica *8* (1960), no. 11, p. 513—514

CHRONICLE, p. 515—516

MŰSZAKI KÖ... 1883

Pentru corpuri de iluminat în puritate de 98%
Pentru sudură în atmosferă inertă în puritate de 99,8%
LIVRAREA SE FACE ÎN BUTELIILE NOASTRE



ARGON

ÎNTREPRINDEREA DE UTILAJ CHIMIC
BUCUREȘTI
ȘOS. VIILOR Nr. 33

A APĂRUT VOLUMUL VII

din

LEXICONUL TEHNIC ROMÎN

— ELABORARE NOUĂ —

Volumul conține termenii directori care încep cu litera **E — Fir**

Costul unui volum 100 lei

Vă puteți procura acest volum, ca și cele anterioare, la librării, difuzorii de cărți din întreprinderi și prin „Publicațiile Tehnice ASIT", București, str. Ion Ghica no. 3, raionul Tudor Vladimirescu, cont 070 124 B.R.P.R. — filiala I. V. Stalin.

INSTRUMENTE DE MĂSURĂ ELECTRONICE

pentru toate ramurile științei și industriei

INSTRUMENTE DE MĂSURĂ RADIOTEHNICE

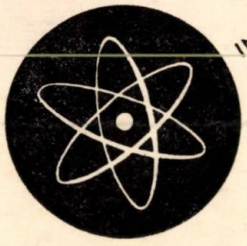
INSTRUMENTE DE MĂSURĂ PENTRU TEHNICA TELEFONIEI ȘI TRANSMISIUNILOR

INSTRUMENTE DE MĂSURĂ A MICROUNDELOR

INSTRUMENTE DE MĂSURĂ PENTRU SCOPURI INDUSTRIALE ȘI ȘTIINȚIFICE

ORION

ELEMENTE DE AUTOMATIZARE



INSTRUMENTE DE MĂSURĂ PENTRU FIZICA NUCLEARĂ

Exportă:

METRIMPEX

ÎNTREPRINDERE UNGARĂ DE COMERȚ EXTERIOR PENTRU PRODUSELE INDUSTRIEI DE INSTRUMENTE

ADRESA PENTRU SCRISORI: BUDAPESTA, CĂSUȚA POȘTALĂ 202 UNGARIA

ADRESA TELEGRAFICĂ: INSTRUMENT BUDAPEST

I. P. 2, c. 4075

LEI 5

E 2039

R

ENERGETICA

Energetica — Vol. 8 — decembrie 12 nr. 12/1960 — p. 517-612 — București

1960

E 2039

MŰSZAKI KÖNYVTÁR OKSZÁGOS 1883

ENERGETICA

ANUL 8 Nr. 12 DECEMBRIE 1960

CUPRINS

CZ 621.311.1.002(498)

Gheorghiu N. : **Realizări ale planului de electrificare de zece ani.**

Energetica, *8* (1960) nr. 12, p. 517–522

CZ 621.311.21 : 627.8.002

Nourescu A. Diaconu A. şi Gilbert A. : **Amenajarea uzinei hidroelectrice „V. I. Lenin" — Bicaz pe rîul Bistriţa**

Energetica, *8* (1960) nr. 12, p. 523–536

CZ 621.311.21.002

Pavel D. şi *Prişcu R.* : **Uzina hidroelectrică Sadu V**

Energetica, *8* (1960) nr. 12, p. 537–546

CZ 621.311.21.002

Mateescu C. şi *Sipiceanu M.* : **Uzina hidroelectrică Moroieni**

Energetica, *8* (1960) nr. 12, p. 547–555

CZ 621.311.22.002

Moţoiu C. şi Rouădedeal F. : **Centrala termoelectrică Paroşeni**

Energetica, *8* (1950) nr. 12, p. 556–564

CZ 621.311.22.002

Constantinescu C. şi Haidu A. : **Centrala termoelectrică Sîngiorgiu de Pădure.**

Energetica, *8* (1960) nr. 12, p. 565–570

CZ 621.311.22 : 697.34.002.

Borşa I., Ciupuliga I. şi *Mişu A.* : **Centrala electrică de termoficare Borzeşti**

Energetica, *8* (1960) nr. 12, p. 571–580

CZ 621.311.22.002

Kraft M. : **Centrala termoelectrică „Gheorghe Gheorghiu-Dej" Doiceşti.**

Energetica, *8* (1960) nr. 12, p. 581–588

CZ 621.315.05 : 621.316.1.002

Constantinescu E. : **Dezvoltarea instalaţiilor de transport şi distribuţie a energiei electrice în R.P.R. în perioada 1950–1960 şi formarea sistemului energetic naţional.**

Energetica, *8* (1060) nr. 12, p. 589–599

CZ 697.34 : 621.311.1.002(498).

Stăncescu I.D. : **Dezvoltarea termoficării în cadrul planului de electrificare în perioada 1951–1960.**

Energetica, *8* (1960) nr. 12, p. 600–604

CZ 351.712.2 : 621.311.1.002(498)

Vlad A. **Crearea şi dezvoltarea sectorului de construcţi şi montaje energetice.**

Energetica, *8* (1960) nr. 12, p. 605–609

CZ 621.311.1.001/2

Popovici T. : **Ridicarea nivelului tehnic al exploatării instalaţiilor energetice în perioada 1950–1960**

Energetica, *8* (1960) nr. 12, p. 610–612

COMITETUL DE REDACȚIE

Prof. ing. **I. D. STĂNCESCU**, redactor responsabil, conf. ing. **C. MIHAILEANU**, redactor responsabil adjunct, conf. ing. **I. A. BADEA**, prof. ing. **M. BERCOVICI**, membru corespondent al Academiei R.P.R., laureat al Premiului de Stat, ing. **M. COGĂLNICEANU**, conf. ing. **E. CONSTANTINESCU**, ing. **P. DIMO**, laureat al premiului de Stat, prof. ing. **C. DINCULESCU**, membru corespondent al Academiei R.P.R., ing. **I. V. HERESCU**, conf. ing. **N. MOLDOVEANU**, prof. ing. **C. PENESCU**, ing. **T. POPA**, ing. **S. SĂNDULESCU** și ing. **P. VICOL**

Revista **„ENERGETICA"**, organ al Asociației Științifice a Inginerilor și Tehnicienilor din R.P.R. și al Ministerului Industriei Grele. Redacția : București, Str. Ion Ghica Nr. 3, Raion Tudor Vladimirescu, Telefon 16.78.78 — Administrația și Casieria : București, Calea Victoriei, Nr. 118, Raion I. V. Stalin, Telefon 14.06.24 — Revista este editată de A.S.I.T. — Abonamentele se primesc la administrația revistei, la sediul filialelor și subfilialelor A.S.I.T. din întreaga țară și prin responsabilii cu presa din cercurile A.S.I.T. — Instituțiile pot achita abonamentele pentru biblioteci și cabinetele tehnice în contul nostru de virament : Publicațiile Tehnice A.S.I.T. 070124 B.R.P.R. Filiala I. V. Stalin — București Tarif pentru întreprinderi : lei 100. Tarif pentru muncitori, tehnicieni și ingineri : lei 30 anual — Prețul unui exemplar : lei 5 — Tiparul : Întreprinderea Poligrafică Nr. 2, București,

c. 4810

MŰSZAKI KÖNYVTÁR-ORSZÁGOS 1883

ENERGETICA

ANUL 8
1960
Nr. 12
DECEMBRIE

ORGAN AL ASOCIAȚIEI ȘTIINȚIFICE A INGINERILOR ȘI TEHNICIENILOR DIN R.P.R. ȘI AL MINISTERULUI INDUSTRIEI GRELE

Realizări ale planului de electrificare de zece ani

Conf. ing Nicolae GHEORGHIU
Adjunct al ministrului Industriei Grele

La 26 octombrie 1960 s-au împlinit zece ani de la aprobarea, de către Comitetul Central al Partidului Muncitoresc Romîn, a planului de electrificare a țării, pentru etapa 1951—1960, elaborat sub conducerea partidului și personal a tovarășului Gheorghe Gheorghiu-Dej, **fapt care marchează o etapă deosebit de importantă în dezvoltarea economică a țării.**

Această hotărîre istorică a mobilizat pe oamenii muncii din patria noastră în lupta pentru realizarea obiectivelor prevăzute în planul de electrificare.

Electrificarea întregii țări ocupă un loc important în programul general de construire a socialismului în Republica Populară Romînă.

In problema electrificării, Partidul Muncitoresc Romîn pune la bază învățătura leninistă, potrivit căreia electrificarea este o cerință hotăritoare pentru succesul construcției socialiste și comuniste. „Pe temelia orînduirii sovietice — **scrie Lenin** — electrificarea va făuri victoria definitivă a bazelor comunismului... a bazelor unei vieți civilizate, fără exploatatori, fără capitaliști, fără moșieri și fără negustori.“*.

Electrificarea a format obiectul preocupărilor partidului încă de la Conferința națională a Partidului Comunist Romîn din anul 1945, cînd partidul a înscris între obiectivele de perspectivă sarcina electrificării întregii țări. În raportul la Conferința națională a P.C.R., din octombrie 1945, se sublinia că prin construirea unei rețele de centrale electrice „se va putea purcede la electrificarea căilor ferate și întrebuințarea masivă a energiei electrice în dezvoltarea tuturor industriilor noastre. De asemenea, prin extinderea rețelei de curent electric se va putea introduce lumina și forța electrică pînă în cel mai depărtat cătun al țării, ridicîndu-se astfel nivelul de viață și de cultură al plugărimii noastre“**.

Trecerea la construcția economiei socialiste a pus pe prim plan sarcina dezvoltării rapide a producției de energie electrică, unul din factorii esențiali care stau la baza industrializării socialiste a țării și ridicării continue a nivelului de trai material și cultural al oamenilor muncii. Tovarășul Gheorghe Gheorghiu-Dej a arătat în raportul său asupra planului de electrificare a țării că acesta poate fi considerat parte integrantă din programul partidului nostru.

Inapoierea economică moștenită de la regimul burghezo-moșieresc nu putea fi lichidată decît prin industrializarea socialistă și mecanizarea agriculturii, a căror realizare trebuia precedată de dezvoltarea electrificării.

Pentru a se putea aprecia cît mai just eforturile depuse de lucrătorii din sectorul energetic, precum și complexitatea problemelor cărora trebuia să li se facă față în realizarea planului de electrificare, este util să prezentăm tabloul stării de înapoiere în care burghezia a lăsat acest sector.

Situația înapoiată din punct de vedere energetic, moștenită de la regimul burghezo-moșieresc, era caracterizată de existența în anul 1950 a unei puteri instalate de numai 740 000 kW, fărîmițată în peste 600 de centrale mici și neeconomice. În afară de București, numai în cîteva orașe și centre industriale existau centrale de oarecare importanță, dar și acestea erau echipate cu grupuri mai mici de 20 000 kW și funcționau cu parametri inferiori, cu presiunea aburului sub 40 at, iar temperatura sub 400°C. Rețelele electrice de transport al energiei electrice erau, de asemenea, foarte puțin dezvoltate; exista o singură linie de 110 000 V, în lungime de 127 km, între Dobrești și București, și cîteva linii de 60 000 V, a căror lungime nu depășea 500 km.

Regiuni întregi din țară, ca Moldova, Oltenia, Dobrogea și nordul Ardealului, nu aveau nici o linie electrică de înaltă tensiune.

Electrificarea rurală era ca și inexistentă; abia 5% din numărul total al satelor erau alimentate cu energie electrică.

Din cauza acestei situații înapoiate, consumul anual de energie electrică era de numai 130 kWh pe cap de locuitor, ceea ce situa țara noastră sub media mondială și pe unul din ultimele locuri din Europa.

În Romînia burghezo-moșierească, precum se vede, gradul de electrificare era extrem de scăzut.

Înapoierea acestui sector era determinată pe de o parte de înapoierea generală a economiei naționale, iar pe de altă parte situația materială grea a maselor populare nu le permitea folosirea energiei electrice.

Industria slab dezvoltată de atunci era în același timp și un slab consumator de energie electrică și un foarte slab furnizor de utilaj energetic și aparataje.

De aceea, industria și agricultura nu stimulau dezvoltarea electrificării.

„Electrificarea țării noastre — **arăta tovarășul** Gh. Gheorghiu-Dej **în raportul asupra planului de electrificare** — se impune ca o sarcină de cea mai mare urgență și însemnătate. Lichidarea înapoierii economice și culturale a țării, pe baza trecerii la marea producție socialistă în industrie și agricultură, este de neconceput fără electrificare“.

Aplicînd cu consecvență învățătura leninistă, conform căreia electrificarea trebuie să meargă cu un

* *V. I. Lenin* — Opere, vol. 30, ESPLP, 1956, p. 359.
* * *Gh. Gheorghiu-Dej* — Articole și cuvîntări, ESPLP, 1956, ediția a IV-a, p. 71.

pas înaintea industrializării, planul de electrificare a prevăzut un ritm accelerat de creştere a producţiei de energie electrică, astfel încît să se acopere nevoile mereu crescînde ale industriei socialiste şi ale mecanizării agriculturii, să se satisfacă într-o măsură tot mai mare necesităţile social-culturale ale populaţiei de la oraşe şi sate.

Planul de electrificare a avut ca principale obiective :

— asigurarea alimentării cu energie electrică a industriei existente şi a ramurilor industriale noi ;

— valorificarea raţională a resurselor energetice ale ţării prin folosirea combustibililor inferiori (lignit, turbă, deşeuri de cărbuni şi, în general, orice combustibil care nu putea fi mai bine utilizat în alt domeniu) şi economisirea combustibililor superiori lichizi şi gazoşi, precum şi a cărbunelui brun, căruia să i se dea utilizări mai avantajoase ;

— folosirea cursurilor de apă pentru lucrări hidroenergetice şi pentru irigarea regiunilor secetoase, prevenirea inundaţiilor, asanări şi recuperări de terenuri inundabile ;

— electrificarea satelor pentru ridicarea nivelului tehnic şi creşterea productivităţii muncii în agricultură ;

— ridicarea nivelului cultural şi a bunăstării poporului, prin folosirea energiei electrice pentru nevoile casnice şi social-culturale ale populaţiei.

Sarcinile planului de electrificare pe perioada 1951—1960 au fost realizate şi depăşite.

Intre anii 1951 şi 1960 au fost construite centrale electrice cu o putere instalată totală de peste 1 000 000 kW, mai mult decît tot ce s-a construit în Romînia sub regimul burghezo-moşieresc în decurs de 60 de ani. În prezent puterea instalată a centralelor electrice existente în R.P.R. este de 1 779 000 kW, faţă de numai 501 000 kW în 1938 şi de 740 000 kW în 1950.

Ritmul mediu anual de creştere în perioada anilor 1951—1960 a fost de 13,7%, realizîndu-se astfel pasul înainte al dezvoltării producţiei de energie electrică faţă de dezvoltarea celorlalte ramuri industriale.

Trebuie subliniat că depăşirea producţiei de energie electrică s-a realizat cu instalarea unei puteri mai mici cu circa 750 MW decît cea indicată în planul de electrificare, ceea ce a avut ca efect o micşorare a efortului de investiţii cu 5,5 miliarde lei faţă de prevederi.

Realizarea producţiei sporite de energie cu o putere instalată mai redusă decît cea prevăzută s-a putut obţine printr-o mărire importantă a duratei de utilizare, printr-o mai bună exploatare a instalaţiilor şi, mai ales, prin crearea şi dezvoltarea sistemului energetic interconectat, care a permis vehicularea energiei spre centrele urbane sau industriale, unde i se simţea lipsa. În anul 1960, de pildă, durata de utilizare este de 4 744 ore pe an, faţă de numai 2 250 ore în 1938 şi de 2 850 în 1950.

Dezvoltarea economiei naţionale şi ridicarea nivelului de trai se reflectă atît în creşterea rapidă a consumului de energie electrică, cît şi în repartizarea energiei consumate pe diferite categorii de consumatori (tabela 1).

După cum se observă din datele din tabela 1, faţă de anul 1938, consumul de energie electrică în industrie s-a dublat în anul 1951, ajungînd ca în anul 1960 să fie de peste şase ori mai mare.

Cea mai mare creştere o prezintă însă consumul de energie electrică pentru nevoile populaţiei, care ajunge în anul 1960 să întrecă de peste 10 ori consumul din anul 1938.

Trecerea progresivă a industriei la o bază tehnică nouă superioară se observă şi din analiza consumului de energie electrică pe muncitor industrial. Acesta creşte de 2,1 ori în 1960 faţă de 1950.

În cadrul preocupărilor partidului de a se asigura ridicarea economică şi social-culturală armonioasă a tuturor regiunilor ţării, s-a căutat să se asigure creşterea consumului de energie pentru regiunile rămase în urmă. Astfel, în 1958, de exemplu, producţia de energie electrică, faţă de 1938, a crescut în regiunea Craiova de peste opt ori, iar în regiunile Constanţa şi Suceava de peste 11 ori.

Satisfacerea cererilor mereu crescînde de energie electrică s-a putut face prin creşterea de circa 2,5 ori a puterii instalate în centrale.

Tabela 1

Consumul net de energie în perioada anilor 1951–1960

Anul	Consumul net total de energie electrică	Din care :			
		Industrie	Iluminat		
			Public	General	Casnic
	1938 = 100				
1950	176,1	176,0	135,3	209,1	238,1
1951	207,2	208,1	141,2	232,7	273,8
1952	242,2	243,9	158,8	258,2	311,9
1953	284,1	292,2	188,2	285,5	352,4
1954	305,3	311,5	211,8	316,4	404,8
1955	358,7	369,6	241,2	352,7	464,3
1956	404,4	407,3	400,0	401,8	623,8
1957	449,1	444,1	488,2	500,0	728,6
1958	508,3	493,3	535,3	638,2	833,3
1959	562,5	542,4	617,6	709,1	942,9
1960	636,0	618,7	729,4	781,8	1031,0

Aceasta s-a făcut prin construirea de centrale termo-electrice cu puteri instalate variind între 24—150 MW, cu grupuri de puteri unitare de 12—50 MW şi cu parametrii aburului pînă la 100 ata şi 510°C. În vreme ce vechile centrale electrice, preluate la naţionalizare erau mici şi dispersate în mod neraţional în diferite regiuni ale ţării, prin construirea de centrale electrice noi cu puteri mari s-a mărit gradul de concentrare a producţiei de energie electrică, creîndu-se condiţiile unei exploatări mai raţionale şi obţinerii unor rezultate economice superioare.

În perioada anilor 1951—1959, ponderea centralelor electrice cu puteri instalate mai mari de 30 MW a crescut de la 16 la 44%, iar a grupurilor mai mari de 10 MW de la 14,3 la 45,5%. Prin noile unităţi care intră în funcţiune în anul 1960, concentrarea producţiei de energie electrică va spori şi mai mult.

Creşterea cotei de participare a centralelor electrice mari şi mijlocii în producţia de energie electrică a ţării a avut însemnate consecinţe economice pozitive. Astfel, datorită măririi puterii unitare a grupurilor şi centralelor, s-a obţinut o eficacitate sporită, care decurge atît din micşorarea costului investiţiilor specifice raportate la 1 kW, cît şi din reducerea sensibilă a cheltuielilor de exploatare. Randamentul mărit al agregatelor mari faţă de cele mici, cheltuielile mai mici privind forţa de muncă pe 1 kW instalat, consumul tehnologic de energie mai redus şi altele, fac ca preţul de cost pe kWh, produs în centralele termoelectrice mari, să fie cu aproximativ 40% mai redus decît la centralele mici.

Deosebit de semnificativ este faptul că din totalul puterii instalate în anul 1959, 52,6% este concentrată în unităţi cu o vechime sub zece ani şi numai 18,6% în cele cu o vechime mai mare de 25 de ani. O asemenea structură creează condiţiile unei exploatări mai economice şi ilustrează modernizarea tehnică a instalaţiilor de producere de energie electrică şi faptul că înzestrarea energetică a ţării noastre s-a făcut tocmai în anii regimului democrat-popular şi ai planului de electrificare.

Dintre centralele termoelectrice realizate în anii planului de electrificare trebuie menţionate în primul rînd centralele Paroşeni (150 MW), „Steaua roşie" — Sîngiorgiu (150 MW), Borzeşti (125 MW) şi „Gh. Gheorghiu Dej" — Doiceşti (120 MW), care sînt centrale de bază ale sistemului energetic naţional. Caracteristicile acestor centrale reflectă schimbările structurale petrecute în anii planului de electrificare

în termoenergetica țării noastre: folosirea rațională a combustibililor, extinderea termoficării, concentrarea puterilor, trecerea la grupuri de puteri unitare din ce în ce mai mari, cu parametri din ce în ce mai ridicați.

Astfel, centrala termoelectrică de la Doicești utilizează pentru ardere cărbuni inferiori de la minele de lignit din vecinătate; în centrala de la Sîngiorgiu se dă o utilizare potrivită gazelor de joasă presiune din cîmpurile de gaze învecinate; centrala Paroșeni folosește deșeurile de cărbune de la exploatările carbonifere din Valea Jiului.

În centrala electrică de termoficare de la Borzești se realizează producerea combinată de abur pentru Complexul industrial petrolifer și chimic de la Borzești-Onești și de energie electrică pentru sistemul național. Este de menționat în legătură cu aceasta că în scurt timp urmează să intre în funcțiune primul grup de 50 000 kW al marei centrale de termoficare de la Brazi, care va alimenta cu abur tehnologic și energie electrică rafinăriile din Ploiești, înlocuind peste 100 cazane existente, neeconomice, care alimentează în prezent aceste rafinării, realizînd în felul acesta economii care reprezintă 140 000 t de combustibil convențional pe an.

Centralele Paroșeni, Sîngiorgiu și Borzești reprezintă, din punct de vedere tehnic, un salt important, prin echiparea lor cu unități de 25 MW și 50 MW, cu presiunea aburului de 100 at și temperatura de 510°C. Prin extinderea realizată în cursul acestui an la Borzești și prin grupul în montaj de la CET Ploiești s-a făcut un nou și important progres tehnic prin instalarea de grupuri de termoficare de 50 MW, funcționînd cu abur, avînd parametri de 140 at și 570°C, adică parametri la nivelul tehnicii mondiale.

Pe lîngă aceste centrale mari s-au mai construit o serie de centrale de puteri mijlocii — Ovidiu, Comănești, Hunedoara II —, noi centrale industriale de termoficare, mijlocii și mici — Teleajen, Dărmănești, Roznov, Govora, Chișcani, Livezi etc. — și s-au făcut extinderi în unele din centralele existente — Grozăvești, Brăila, Gura Barza, Reșița —, folosind pentru aceasta în mare parte cazane și grupuri turbogeneratoare fabricate în țară.

În planul de electrificare, termoficarea a fost accentuată ca o importantă direcție de dezvoltare a energeticii românești. Condițiile economiei socialiste sînt deosebit de favorabile pentru dezvoltarea termoficării, deoarece ele oferă, în afară de ritmul susținut al creșterii consumului de energie, și posibilitatea de a urmări o amplasare și concentrare a noilor consumatori, avantajoasă din punct de vedere energetic, și de a încadra organic centralele de termoficare respective în sistemul electroenergetic general.

Puterea instalată în centralele de termoficare industrială în perioada anilor 1951—1960 este de circa 300 MW, iar cererea maximă de abur industrial a atins circa 2 800 t/h.

În acest an vor funcționa circa 40 de centrale de termoficare industrială (cu excepția celor cu o putere sub 1 MW), dintre care două mari centrale regionale de termoficare vor atinge profilul intermediar de 125, respectiv 50 MW. Cele mai mari grupuri vor fi de 50 MW cu condensație și prize și de 25 MW cu contrapresiune. Parametrii cei mai înalți vor fi de 140 ata și 570°C la cele două grupuri care vor intra în funcțiune la finele anului. Deși anul acesta capacitatea de debitare de abur industrial a tuturor grupurilor nu este încă complet folosită, economia anuală se va cifra la circa 400 000 t combustibil convențional față de alternativa producerii separate a energiei electrice și a căldurii.

În domeniul termoficării urbane — inexistente pînă la apariția planului de electrificare — s-au efectuat studii și s-a trecut la realizarea practică în orașele Onești, Reșița, Hunedoara. S-au întocmit, de asemenea, proiecte pentru termoficarea orașelor București, Arad, Timișoara, precum și a așezării muncitorești a Combinatului Chimic din Făgăraș.

În București s-a trecut la realizarea rețelei de termoficare în cartierele noilor locuințe, care vor fi alimentate cu apă fierbinte din centralele Grozăvești și Griviția.

Un obiectiv important al planului de electrificare a fost construcția unor centrale hidroelectrice, în vederea folosirii potențialului hidroenergetic al rîurilor din patria noastră. În primii ani ai planului de electrificare s-au construit și pus în funcțiune uzinele hidroelectrice Moroeni (15 000 kW), Sadu V (15 000 kW) și altele. Anul acesta s-a terminat construcția barajului uzinei Sadu V, care a funcționat pînă acum fără acumulare. Barajul este de tip arc de greutate, din beton, are o înălțime de 62 m și este prima realizare de acest gen din țara noastră.

Printre cele mai importante realizări ale planului de electrificare un loc de frunte îl ocupă centrala hidroelectrică „V. I. Lenin" — Bicaz. Prin caracteristicile ei, această uzină hidroelectrică se înscrie printre marile amenajări hidroenergetice din Europa. Barajul are o înălțime de 127 m și un volum de beton de 1 625 000 m^3 și creează pe Valea Bistriței un lac de acumulare în lungime de 35 km, avînd o capacitate de 1 230 000 000 m^3 apă. Puterea instalată a hidrocentralei — 210 000 kW — reprezintă aproape o treime din puterea disponibilă a centralelor existente la începutul planului de electrificare.

Amenajarea de la Bicaz va asigura alimentarea cu energie electrică a Moldovei și va livra energie în sistemul energetic național, iar apele acumulate în marele lac artificial, creat de baraj, vor fi folosite pentru irigații.

În 1960 au intrat în funcțiune primele grupuri ale hidrocentralei, iar în prezent sînt în funcționare de probă alte două grupuri.

Puterea totală a acestor patru agregate este de 110 000 kW și reprezintă prima etapă, a cărei dare în exploatare era prevăzută pentru sfîrșitul anului 1960.

În anii primei etape a planului de electrificare a început construcția primelor trei centrale (Pingărați — 22 000 kW, Roznov I — 14 000 kW, Roznov II — 14 000 kW), dintr-o cascadă de zece centrale, cu o putere totală de 160 000 kW, centrale care se vor realiza pînă în anul 1965 pe Bistrița, de la Stejaru la Bacău, și care vor folosi debitele regularizate de lacul hidrocentralei Bicaz.

În cadrul planului de electrificare s-a realizat și dezvoltat sistemul național energetic unic. Pornind de la o serie de centrale electrice mici, care, în general alimentau numai consumatori locali, prin construcția unui mare număr de linii electrice s-au interconectat noile centrale electrice și localitățile mai importante din toate regiunile țării. Pînă la sfîrșitul acestui an, sistemul electroenergetic național se completează prin legarea la el și a sistemelor energetice locale din regiunile Constanța și Oradea.

Pentru formarea sistemului energetic național și pentru a se asigura dezvoltarea industrială a tuturor regiunilor țării, prin alimentarea lor din marile centrale electrice, construite în această perioadă, în etapa 1951—1960 s-a realizat un ritm accelerat de construcții de linii electrice. La finele anului 1960 vor fi în funcțiune circa 2 900 km linii electrice de 110 000 V, față de numai 127 km în 1950. De asemenea, s-a construit, pentru alimentări locale, un număr mare de linii de 6, 15 și 35 kV, totalizînd o lungime de circa 9 500 km. Este de menționat faptul că la construcția acestor linii s-au realizat economii importante de laminate de oțel, prin folosirea pe scară largă, și în ultimul timp aproape în exclusivitate, la liniile de înaltă tensiune a stîlpilor prefabricați din beton armat centrifugat, care s-au confirmat ca o soluție economică și sigură.

Prin noile linii de înaltă tensiune au fost legate la rețeaua națională importante centre urbane și industriale ale țării: Timișoara, Cluj, Reșița, Hunedoara, Iași, Galați, Craiova etc.

O mare amploare a luat construcția stațiilor de transformare a energiei electrice. În 1950 existau numai două stații de transformare de 110 000 V; astăzi, sînt în funcțiune 47 de astfel de stații. Puterea totală a stațiilor și posturilor construite în prima etapă a planului de electrificare însumează circa 3,5 milioane kVA.

În domeniul electrificărilor rurale s-a ajuns la peste 3 000 de sate electrificate, față de 450 de sate electrificate cît existau în anii dinaintea planului de electrificare; s-au electrificat de asemenea numeroase gospodării colective, stațiuni de mașini și tractoare și gospodării agricole de stat.

Un progres important a fost marcat în anii planului de electrificare în exploatarea centralelor și liniilor electrice. În această privință un rol de prim ordin l-a avut automatizarea. În centralele termoelectrice moderne automatizarea permite funcționarea sigură, ușurează condițiile de muncă și aduce economii importante de combustibil prin creșterea randamentelor la cazane cu 1—3% la unitățile mari și cu 6—10% la unitățile mici. Totodată, în centralele cu grad înalt de automatizare, numărul personalului necesar pentru exploatare este de circa zece ori mai mic decît în centralele neautomatizate. Pînă la intrarea în funcțiune în anul 1952 a primelor centrale termoelectrice realizate în cadrul planului de electrificare, automatizarea în instalațiile termice era limitată. În centralele termoelectrice care au intrat în funcțiune după această dată, cum sînt centralele Ovidiu, Doicești, Comănești, Singiorgiu, Paroșeni, Borzești și altele, au fost automatizate procesele principale în toate secțiile. La toate liniile de 110 000 V, precum și la circa 340 linii cu tensiuni sub 110 000 V, a fost aplicată reanclanșarea automată rapidă. Aceasta a determinat reducerea întreruperilor pe liniile de înaltă tensiune și creșterea siguranței de funcționare a sistemului. În anul 1959, de pildă, au fost evitate peste 1 800 de întreruperi, ca urmare a funcționării acestor dispozitive. Anclanșarea automată a instalațiilor de rezervă a dus, de asemenea, la creșterea siguranței în alimentarea cu energie electrică a consumatorilor. La stațiile noi sînt folosite acum soluții care permit exploatarea fără personal. În anul 1960 s-au automatizat patru stații și este prevăzută trecerea la funcționarea automatizată, fără personal de tură, a încă opt stații.

Prin concentrarea puterii în centrale mari, prin modernizări, automatizări, mecanizări și telemecanizări, prin eforturile susținute ale muncitorilor, tehnicienilor și inginerilor din sectorul energetic, pentru îmbunătățirea peformanțelor echipamentelor, precum și prin aplicarea cît mai largă a realizărilor noi din tehnica modernă, în anii planului de electrificare s-au obținut o însemnată creștere a productivității muncii și o reducere importantă a prețului de cost al energiei, care în anul 1959 a fost mai mic cu 23% decît în 1950.

O contribuție importantă la electrificarea țării o aduce industria noastră electrotehnică, creată și dezvoltată în anii regimului democrat-popular și ai planului de electrificare. Industria electrotehnică asigură un volum tot mai mare și un sortiment variat de produse necesare electrificării. Astăzi producem în țară motoare electrice sincrone cu puteri pînă la 1 250 kW, compensatoare sincrone de 5 000 kVAR, transformatoare de forță de 20 000 kVA și 110 000 V, cabluri electrice pînă la 6 000 V, aparate electrocasnice, electromedicale și altele. Numeroase produse ale industriei noastre electrotehnice se bucură de aprecieri pozitive pe piața internațională.

Îndeplinirea cu succes și înainte de termen a prevederilor planului de electrificare s-a realizat pe baza eforturilor colectivului larg de muncitori, tehnicieni și ingineri care proiectează, construiesc, montează și exploatează instalațiile energetice.

În anii planului de electrificare au crescut numeroase cadre calificate într-un domeniu în care înainte la noi în țară s-a lucrat foarte puțin. Aceste cadre pot face față astăzi tuturor problemelor tehnice puse de dezvoltarea electrificării țării.

O deosebită atenție acordă proiectanții noștri alegerii unor soluții cît mai economice și reducerii prețului de cost; astfel, la liniile de 110 000 V pe stîlpi de beton, consumul de beton pentru stîlpi a scăzut de la 24,5 m^3/km în 1955 la 10 m^3/km în 1959, iar consumul de oțel a scăzut, în aceeași perioadă, de la 10,2 la 7 t/km.

Constructorii și montorii au obținut succese importante, în special în ceea ce privește scurtarea termenului de execuție a lucrărilor energetice. Astfel, în timp ce prima turbină de 50 MW de la centrala Paroșeni a fost montată în 15 luni, montarea primei turbine a CET Ploiești se face în cinci luni; la linia Cluj — Baia Mare s-a atins o viteză de lucru de 1,2 km pe zi, față de 0,35 km pe zi cît se realiza la liniile construite în perioada 1953—1954.

În realizarea planului de electrificare am primit sprijinul multilateral al U.R.S.S.: prin proiectele primelor centrale electrice prevăzute în planul de electrificare, prin specialiști sovietici care au contribuit la montajul unor importante centrale electrice, ca și prin livrarea de numeroase echipamente energetice de un înalt nivel tehnic.

ORGANIZAREA SECTORULUI ELECTROENERGETIC IN R.P.R.

În anul 1948, în urma actului naționalizării, s-au înființat întreprinderile regionale de electricitate, care cuprindeau principalele instalații de producere și distribuție a energiei electrice existente.

În această primă etapă, în cadrul întreprinderilor de electricitate erau concentrate și activitatea de proiectare și cea de execuție de lucrări noi.

În perioada anilor 1950—1953 întreprinderile de electricitate au preluat de la sfaturile populare și de la întreprinderile industriale instalațiile electrice mai importante (Timișoara, Cîmpina, Buhuși etc.).

În anul 1952 s-a înființat întreprinderea „Energoreparații" destinată a asigura repararea agregatelor din centralele electrice și a executa piesele de schimb necesare.

În anul 1956 s-a creat în cadrul Direcției generale a energiei electrice Serviciul de dispecer național, în scopul preluării conducerii operative a sistemului interconectat.

★

În ceea ce privește problema proiectării instalațiilor energetice care trebuiau să fie construite corespunzător cerințelor tehnicii moderne, s-a constatat, după anul 1948, că aceasta nu mai putea fi rezolvată în mod disparat de fiecare întreprindere de electricitate în parte, ci trebuia înființat un organism care să se specializeze în probleme de proiectare.

Astfel, în anul 1949 s-a creat Institutul de Studii și Proiectări Energetice (I.S.P.E.), folosind un mic nucleu de specialiști existenți, cărora li s-au alăturat numeroase elemente tinere.

Institutul astfel constituit s-a ocupat de la început de întocmirea proiectelor instalațiilor care urmau a se construi și de stabilirea documentării științifice care a servit ca bază pentru elaborarea planului de electrificare; totodată, institutul a desfășurat o activitate intensă de studii de teren și de laborator, necesare întocmirii documentațiilor care trebuiau să stea la baza proiectelor lucrărilor.

În anul 1958, din necesitatea unei mai bune coordonări a activităților, sectorul de studii și cercetări de teren și de laborator a fost desprins de I.S.P.E. și constituit ca întreprindere aparte de cercetări și studii energetice (I.C.S.E.).

În decursul existenței de 11 ani, Institutul de Studii și Proiectări Energetice a desfășurat o intensă activitate și a rezolvat numeroase probleme dificile, dînd soluții la nivel ridicat. Totodată, institutul a

fost preocupat din ce în ce mai mult de realizarea unor soluții cît mai economice.

Pentru lucrările de calitate realizate de institut, i s-a acordat titlul de Laureat al premiului de stat pe anul 1949.

În realizarea sarcinilor sale, I.S.P.E. a primit un sprijin prețios din partea Uniunii Sovietice, prin documentația tehnico-științifică, prin pregătirea de specialiști trimiși în U.R.S.S., precum și prin specialiști sovietici care au venit în R.P.R.

Prin experiența dobîndită, cele două institute I.S.P.E. și I.C.S.E. pot rezolva în prezent toate problemele legate de proiectarea instalațiilor necesare realizării planului de electrificare.

★

Execuția lucrărilor planului de electrificare a fost integral asigurată de întreprinderile din țară.

În acest scop s-a creat în anii puterii populare un trust de construcții și montaje pentru lucrările necesare termo- și hidrocentralelor, liniilor și stațiilor electrice de transport și distribuție.

Această întreprindere, echipată cu utilaj modern, care permite un înalt grad de mecanizare, dispune de numeroase cadre specializate de muncitori, tehnicieni și ingineri. În cadrul trustului se găsește și o întreprindere care produce elemente prefabricate necesare lucrărilor, ca — de exemplu — stîlpi de beton armat centrifugați și vibrați, panouri pentru camere de comandă complet echipate, stîlpi metalici etc.

Pentru marea centrală hidroelectrică de la Bicaz, s-a creat o întreprindere specială care execută toate lucrările de construcții ale acestei centrale.

O contribuție importantă la realizarea cu succes a sarcinilor acestor întreprinderi a avut-o sprijinul primit din Uniunea Sovietică, sub formă de utilaj modern, material documentar și specialiști, care au contribuit la formarea cadrelor.

În prezent, datorită dezvoltării și nivelului tehnic la care s-a ajuns, trustul de construcții și montaje este profilat ca să execute orice lucrare de specialitate din planul de electrificare.

INTRODUCEREA TEHNICII NOI ÎN SECTOARELE DE ACTIVITATE LEGATE DE ELECTRIFICAREA ȚĂRII

Îndeplinirea cu succes a sarcinilor planului de electrificare a fost posibilă numai prin introducerea tehnicii celei mai noi în toate sectoarele de activitate legate de electrificarea țării. Aceasta este, după cum se arată în Hotărîrea C.C. al P.M.R. și a Consiliului de Miniștri cu privire la ridicarea nivelului tehnic al producției: „un mijloc principal de creștere a productivității muncii, de reducere a consumurilor specifice de materii prime, materiale și combustibil, de creștere a calității producției și de scădere a prețului de cost în vederea dezvoltării mai departe a economiei naționale și creșterii nivelui de trai al oamenilor muncii din țara noastră".

Astfel, analizînd construcția de centrale termoelectrice efectuate în etapa 1951—1960 se constată o creștere a parametrilor aburului de la 30 ata și 400°C în 1950, la 100 ata și 510°C pînă în 1959 (CTE Sîngiorgiu, Paroșeni și Borzești). Centralele care se proiectează și se execută în anul 1960 sînt de 140 ata și 570°C (CTE Luduș, CET Ploiești). Prin aceste realizări se obțin economii substanțiale de combustibil. Gradul de automatizare a acestor centrale este mare, permițînd reducerea personalului de exploatare de la 7—8 oameni/MW la mai puțin de un om/MW.

Prin adoptarea schemelor termice bloc, a legăturilor directe cazan-turbină și prin renunțarea la turbopompele de alimentare s-au putut realiza economii importante.

La partea electrică a centralelor s-au adoptat pe baza studiilor tehnico-economice întocmite, a datelor statistice de avarie și a experienței de proiectare scheme de principiu simplificate față de soluțiile clasice utilizate inițial, obținîndu-se economii importante.

Volumul de construcție a centralelor scade de asemenea de la 3 m^3/kW (CTE Comănești) la 0,9 m^3/kW (CET Ploiești).

Apreciabile reduceri de cost s-au obținut prin introducerea tehnicii noi și la construcția liniilor electrice aeriene.

Astfel, costul specific la liniile de 6—15 kV s-a redus în 1960 cu 25% față de 1957. La liniile de 35 kV, construite în ultimul timp exclusiv din beton armat, s-a obținut în anul 1959 o reducere a costului specific de 23% față de 1957. La stîlpii liniilor de 110 kV s-a dezvoltat construcția cu un singur picior pentru dublu circuit (linia de 110 kV Bărbătești—Filiași).

Pe măsura dezvoltării rețelelor de înaltă tensiune ale sistemului energetic național, a îmbunătățirii performanțelor echipamentului fabricat în țară, a creșterii experienței de exploatare s-a putut trece la simplificarea schemelor de conexiuni primare ale stațiilor.

Astfel, s-a dat o extindere mare schemelor cu un singur sistem de bare colectoare la toate tensiunile, schemelor bloc linie-transformator, derivațiilor simple din liniile de înaltă tensiune (ca de exemplu stațiile de 110 kV Bacău, Lugoj, Dej, București-centru etc.).

S-au introdus ameliorări și la construcția propriuzisă a stațiilor, ca de exemplu folosirea unor dispoziții constructive cu pas celular diferit la nivelul barelor colectoare, față de nivelul boxelor bobinelor de reactanță (stația București-centru). Prin aceasta se economisește spațiul care rămîne neutilizat în soluțiile clasice la nivelul boxelor bobinelor de reactanță la celulele fără reactor.

Terenul destinat stațiilor, precum și volumului clădit, a fost continuu redus, printr-o mai bună utilizare a spațiului tehnologic necesar, prin simplificarea circulației, prin renunțarea la rezervele pentru extinderi ipotetice, prin eliminarea unei serii întregi de construcții și instalații anexe cu grad de utilizare foarte redus (turnuri și portaluri de decuvare, gospodării de ulei, construcții pentru pază etc.).

Indicele de folosire a terenului stațiilor a crescut puternic în ultimii ani; astfel, o stație de 110/35/6 kV ocupă azi, în funcție de complexitatea schemei, suprafețe de ordinul 0,3—1,5 ha față de 2,2—3,6 ha în perioada 1954—1956 și 3—5 ha în perioada 1951—1953.

Suprafața celulei exterioare de linie de 110 și 35 kV a înregistrat în ultimii ani reduceri de peste 40%, în timp ce volumul celulei interioare de linii de 6 kV a scăzut cu cel puțin 25% la stațiile cu bobine de reactanță pe linie și cu circa 50% la stațiile fără bobine de reactanță.

Pentru instalațiile de comandă și control s-au introdus într-o serie de cazuri soluții perfecționate la nivelul tehnicii moderne, prin care se realizează condiții de exploatare comode. Astfel, folosirea aparatelor de comandă cu funcțiuni multiple și separarea schemei sinoptice de restul aparatelor de comandă și măsură au redus mult spațiul asupra căruia este necesar să fie concentrată atenția operatorului. Montarea la celulele de înaltă tensiune din stațiile interioare a aparatajului de protecție a permis micșorarea sensibilă a dimensiunilor camerei de comandă și a lungimii circuitelor respective (de exemplu stațiile Craiova, Lugoj etc.).

În cadrul studiilor privitoare la racordarea la sistem și alimentarea cu energie electrică a centrelor de consum urbane sau industriale s-au realizat pe lîngă soluțiile clasice și soluții noi, prin care se obțin reduceri importante de investiții și de cheltuieli de exploatare: stații de transformare de 110 kV cu un singur transformator (Iași, Lugoj), introduce-

rea liniilor de 110 kV în interiorul orașelor cu stații de 110 kV amplasate cît mai aproape de centrele de consum (stația București-centru, Iași, Timișoara) sau în incinta întreprinderilor industriale (Combinatul Hunedoara, Carbochim Cluj).

În studiile de alimentare cu energie, întocmite pentru toate orașele mari din țară (București, Timișoara, Cluj, Iași, Galați, Oradea), s-au propus soluții moderne pentru sistematizarea și dezvoltarea rețelei de înaltă și joasă tensiune, precum și pentru construcția stațiilor de racord la sistem, pentru a se asigura acoperirea necesităților de consum prevăzute.

Astfel, pentru orașul București s-a prevăzut realizarea unei centuri de 110 kV, completată cu o diagonală care traversează mijlocul orașului și permite alimentarea consumului central concentrat, direct din înaltă tensiune (110 kV), soluție modernă în alimentarea marilor centre urbane.

De asemenea, s-au analizat numărul de trepte de tensiune pentru rețeaua Capitalei, schemele de funcționare ale rețelei de înaltă și joasă tensiune etc.

În cadrul analizelor efectuate pentru determinarea regimurilor de funcționare a sistemelor energetice, s-au întocmit studii în legătură cu problemele de reglaj de stabilitate statică și dinamică, regimuri disimetrice, tratarea neutrului. În metodologia folosită pentru aceste calcule s-au utilizat două metode noi romînești, apreciate și peste hotare.

PERSPECTIVE DE DEZVOLTARE A ENERGETICII ROMINEȘTI IN PERIOADA ANILOR 1960—1975

Planul de dezvoltare a economiei naționale pe anii 1960—1965 și schița planului pentru etapa de perspectivă menită să asigure desăvîrșirea construcției socialiste și crearea posibilităților de trecere treptată la construirea comunismului în țara noastră prevăd intensificarea industrializării țării, astfel ca într-o perioadă cît mai scurtă să ajungem la nivelul țărilor avansate din punct de vedere al producției și consumului calculat pe cap de locuitor.

Ținînd seama de această dezvoltare a ansamblului economiei naționale, Directivele Congresului al III-lea prevăd creșterea producției de energie electrică într-un ritm mai rapid decît în perioada anilor 1951—1960 și decît ansamblul industriei. Astfel, producția de energie electrică va crește în perioada anilor 1960—1965 de la 7,7 miliarde la 18,5 miliarde kWh, ceea ce reprezintă o creștere anuală medie de 19% față de cresterea medie anuală de 13,7% în etapa 1951—1960. Pentru aceeasi perioadă se prevede instalarea unei puteri totale de 2 380 MW, din care 540 MW în extinderi de centrale existente, iar 1 840 MW în centrale noi.

Echiparea centralelor termoelectrice se va face cu grupuri de puteri unitare mari și parametri ridicați, ca de exemplu: 50, 100, 150 și 200 MW și cu 140 ata și 570°C. În acest fel se va ajunge la o structură modernă a puterii instalate, grupurile de puteri mari și parametri ridicați ai aburului fiind principalele furnizoare de energie.

Termoficarea se va accentua, de asemenea, ca o direcție principală de dezvoltare a energeticii romînești.

Astfel, se prevede ca peste 50% din totalul puterii nou instalate în centrale termoelectrice să fie în grupuri de t ermoficare. Aceasta va crea posibilitatea de a se trece la realizarea unor importante rețele de termoficare în orașele București, Arad, Timișoara, Tg. Mureș etc.

Ca urmare a structurii moderne a centralelor, precum și a măsurilor de îmbunătățire a exploatării, care urmează a se lua, se prevede reducerea consumului specific de combustibil la 0,390 kg cc/kWh și a prețului de cost al energiei produse cu 34% față de nivelul din 1959. Se prevede, de asemenea, reducerea investițiiolr specifice medii pe kWinstalat în centrale electrice cu 30%.

În sectorul centralelor hidroelectrice se vor executa lucrări importante. Astfel, sînt create premisele pentru amenajarea integrală a rîului Bistrița; în cadrul acestei lucrări se vor construi zece centrale, cu o putere totală instalată de 160 MW și o producție de energie electrică de 750 milioane kWh.

Corespunzător creșterii puterii instalate în centralele electrice se va dezvolta sistemul electroenergetic național, prin extinderea rețelelor de transport și distribuție. Se prevede construirea pînă în 1965 a peste 23 000 km de linii electrice de transport, din care circa 750 km de linii de transport de tensiune foarte înaltă, circa 2 500 km de linii de 110 kV și peste 20 000 km de linii de 6 kV, 15 kV și 35 kV; din acestea din urmă peste 50% se construiesc în cadrul acțiunii de electrificare pentru nevoile agriculturii.

În cadrul construcției de linii electrice se vor executa o linie de 400 kV și linii de 220 kV. Prin aceste construcții R.P.R. va intra în rîndul țărilor cu linii de tensiuni foarte înalte.

Aceste obiective importante pun în fața organizațiilor de proiectare și execuție sarcini grele. Se impune trecerea la soluții din ce în ce mai moderne, pentru a se reduce în acest fel timpul de execuție a lucrărilor.

Organizațiile de execuție vor trebui să mărească gradul de industrializare și preasamblare a elementelor componente ale echipelor electroenergetice.

În sectorul de linii electrice se va trece la introducerea pe scară din ce în ce mai largă a stîlpilor de beton chiar la liniile de 220 kV, la utilizarea stîlpilor de beton precomprimat și, ca problemă-cheie, la mărirea vitezei de execuție a lucrărilor.

Aceste viteze trebuie să atingă la un șantier cu 2—4 coloane, în funcție de lungime și condițiile de teren, următoarele valori:

— la liniile de 110 kV: 2 km/zi, adică de peste două ori față de cifrele medii realizate pînă în prezent;

— la liniile de 35 kV: 1 km/zi, adică de peste trei ori față de cifrele realizate în prezent;

— la limiile de 6—15 kV: 0,7 km/zi, adică de peste patru ori față de cifrele realizate în prezent.

O dezvoltare și mai impetuoasă o va lua electrificarea în perioada anilor 1965—1975. Astfel, se prevede pentru anul 1975 o producție de energie electrică de 65—70 miliarde kWh, ceea ce reprezintă de circa 60 de ori producția din anul 1938. Această creștere a producției de energie va situa țara noastră în rîndul țărilor avansate din punct de vedere energetic, producția anuală pe cap de locuitor fiind de 3 000—3 200 kWh fat de 72,4 kWh în anul 1938.

Directivele Congresului al III-lea al P.M.R. referitoare la planul de dezvoltare a economiei pe anii 1960—1965 și la programul economic de perspectivă subliniază că „producția de energie electrică va crește într-un ritm mai rapid decît ansamblul industriei, astfel încît să satisfacă necesitățile tuturor ramurilor economiei și să asigure introducerea și dezvoltarea tehnicii noi prin electrificarea, mecanizarea și automatizarea proceselor de producție". În anul 1965 producția de energie electrică va ajunge la circa 18,5 miliarde kWh, adică de 2,7 ori producția de energie electrică din anul 1959. În felul acesta, electrificarea va continua să meargă cu un pas înaintea industrializării, creînd condiții tot mai prielnice pentru dezvoltarea accelerată și ridicarea nivelului tehnic al economiei naționale.

Realizarea primei etape a planului de electrificare și dorința fierbinte a energeticienilor noștri de a îndeplini obiectivele trasate de partid pentru continua electrificare a țării — prevăzute de Directivele celui de-al III-lea Congres al P.M.R. — sînt o chezășie că aceste noi sarcini vor fi realizate și că în viitor vom obține succese noi și din ce în ce mai mari în electrificarea scumpei noastre patrii, Republica Populară Romînă.

Amenajarea uzinei hidroelectrice „V. I. Lenin" - Bicaz pe rîul Bistrița

Ing. Alexandru NOURESCU, ing. Alexandru DIACONU și ing. Adalbert GILBERT

Uzina hidroelectrică „V. I. Lenin"-Bicaz este amplasată pe cursul mijlociu al rîului Bistrița, unul dintre afluenții principali ai rîului Siret, situat pe flancul estic al Carpaților Orientali. Sectorul amenajat, în lungime de 50 km, este cuprins între localitățile Galu și Pîngărați.

Amenajarea hidroelectrică a acestui sector a fost hotărîtă după eliberarea țării și instaurarea regimului democrat-popular, o dată cu aprobarea planului de electrificare al Republicii Populare Romîne de către Partidul Muncitoresc Romîn și Guvernul Republicii Populare Romîne, în octombrie 1950.

Această amenajare constituie unul dintre obiectivele principale ale planului, datorită atît puterii și energiei produse cît și folosinței complexe a apelor regularizate prin lacul de acumulare de la Izvorul Muntelui.

Proiectantul general a fost Institutul de studii și proiectări energetice — ISPE — din cadrul Ministerului Industriei Grele.

Condiții naturale

Caracteristicile hidrologice ale bazinului captat:

— suprafața bazinului	4 070	km²
— altitudinea medie	800	m.d.MN
— precipitațiile medii	800	mm/an
— debitul specific	12,4	l/s, km²
— debitul modul	50,7	m³/s
— debitul maxim măsurat (anul 1931)	1 080	m³/s
— debitul maxim cu asigurare 0,1%	3 135	m³/s
— debitul maxim cu asigurare 0,01%	2 835	m³/s

Bazinul rîului este împădurit circa 70%; debitele maxime sînt produse din precipitații torențiale în perioada de vară.

Curba de regim a rîului are caracterul rîurilor carpatine cu debite mari în perioada aprilie — iulie, debite mici în perioadele august—septembrie și decembrie—februarie.

Clima regiunii este continentală cu temperatura medie multianuală de + 8,9°C, cu variații în cursul anului între — 21°C și + 30°C.

Geologic, regiunea amenajării se situează în flișul Carpaților Orientali, care cuprinde 5 zone caracteristice:

— zona *I* sau pînza internă;
— zona *II* sau pînza șisturilor negre;
— zona *III* sau pînza gresiei de Tarcău;
— zona *IV* sau pînza marginală și
— zona *V* sau autohtonul.

În compunerea acestor zone sînt formații sedimentare de vîrstă cretacică și paleogenă. Interiorul zonelor este caracterizat printr-o cutare care merge de la forme simple normale la solzificări repetate.

Lacul de acumulare se situează în zonele *I, II, III* și *IV* ale flișului, în care rocile sînt de natură sedimentară, variind de la tipuri pelitice marnoase și uneori argiloase la tipuri podmitice (gresii) și mai rar prefitice (aglomerate). În general aceste roci dau loc la fenomene întinse de alunecare, răspîndite mai ales pe cuprinsul zonei a *IV*-a, în care predomină senonianul cu marno-calcare și marno-argile șistoase.

Barajul se situează în zona a *IIII*-a, formată în cea mai mare parte din gresii silicioase, denumite gresii de Tarcău, care dau loc la îngustări ale văii și care prezintă condiții geomorfologice superioare celorlalte zone pentru amplasamentul barajului.

Din trei amplasamente studiate pentru baraj, amplasamentul Izvorul Muntelui prezintă, pe lîngă avantaje geomorfologice, și avantajul realizării unei scheme optime energo-economice a sectorului amenajat.

Derivația și nodul de presiune sînt situate în zonele a *II*-a și a *IV*-a, formate din șisturi negre în amplasamentul prizei de apă și marno-argile senoniene pe traseul tunelului de aducțiune și amplasamentele castelului de echilibru, casei vanelor, conductei forțate și clădirii centralei.

Schemă de amenajare

Rîul Bistrița are un potențial hidroenergetic brut, inclusiv afluenții, de 400 MW, cu o energie medie anuală de 3500 GWh.

Repartizarea puterii medii specifice pe rîul Bistrița este:

0—0,5 MW/km	23,0%	din lungime
0,5—1 MW/km	23,0%	„ „
1,0—1,5 MW/km	42,6%	„ „
1,5—2,0 MW/km	9,8%	„ „
peste 2,0 MW/km	1,6%	„ „

Importanța energetică a rîului Bistrița este ilustrată prin faptul că dispune de un potențial mediu specific mai mare de 1 MW/km pe circa 55% din lungimea cursului.

Cea mai importantă uzină din planul de amenajare al Bistriței este uzina hidroelectrică „V. I. Lenin"-Bicaz.

Lacul de acumulare al acestei uzine permite o regularizare multianuală a debitului rîului, regularizare de care pot beneficia celelalte uzine din aval, dintre care o mare parte pe firul apei. Volumul lacului reprezintă 65% din totalul acumulărilor posibile de realizat în bazinul Bistriței.

Uzina hidroelectrică „V. I. Lenin"-Bicaz este de tipul cu acumulare și derivație sub presiune. Căderea brută amenajată, de 149 m, este realizată: 94 m prin supraînălțarea nivelului biefului amonte cu un baraj și 55 m printr-o derivație sub presiune.

Condițiile geomorfologice din bieful amonte permit crearea unei acumulări la punctul Izvorul Muntelui de 1.230 mil. m³, cea mai mare acumulare ce se poate

realiza în regiunea de munte a R.P. Romîne. Cursul rîului între baraj şi centrală, în lungime de 15 km, formează o buclă care este tăiată printr-o derivaţie de 6 km, din care 4,8 km galerie sub presiune. În aval de centrală este prevăzut un lac tampon pentru regularizarea zilnică a debitelor uzinate.

În acelaşi timp se prevede dezvoltarea turismului şi centrelor sportive în jurul lacului, ridicînd totodată valoarea turistică a recunoscutului masiv Ceahlău şi a Cheilor Bicazului.

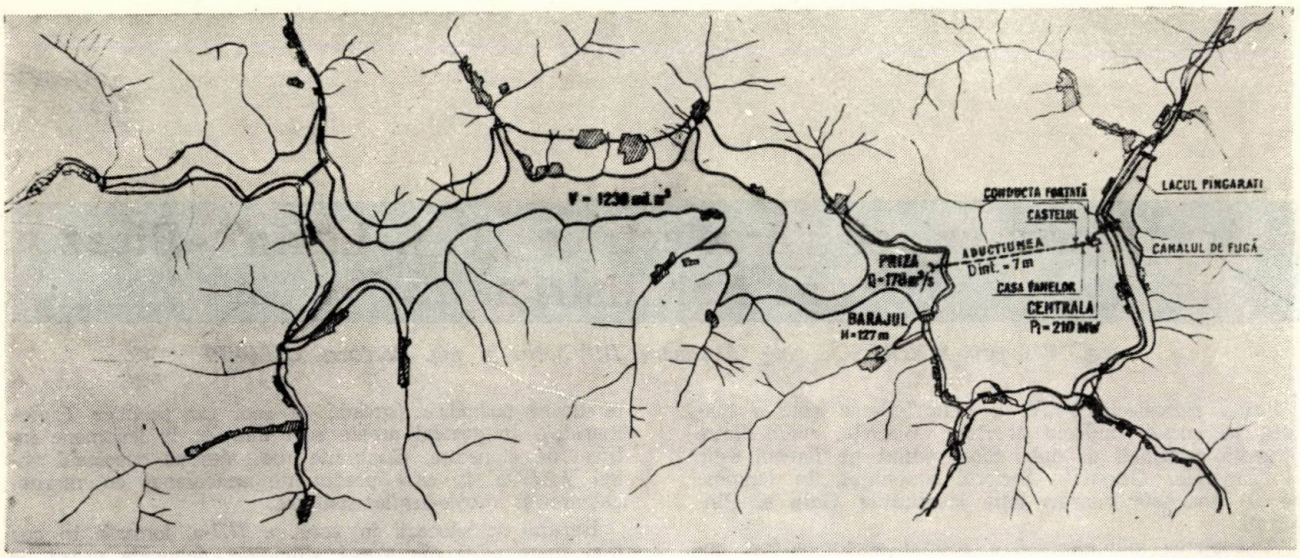


Fig. 1 — UHE V. I. Lenin — Bicaz — Schema de amenajare.

În schemă se prevede ca în viitor să se deriveze direct în lacul de acumulare de la Izvorul Muntelui debitele rîului Bicaz, afluent al Bistriţei.

Lacul de acumulare — Izvorul Muntelui — are următoarele caracteristici:

— lungime	35 km
— suprafaţa oglinzii lacului la nivelul reţenţiei maxime	3 300 ha
— volum total	1 230 mil. m^3
— volum sub nivelul minim de exploatare	200 mil. m^3
— volum util	930 mil. m^3
— volum pentru atenuarea viiturilor	100 mil. m^3
— coeficientul de acumulare total	0,76
— coeficientul de acumulare util	0.57
— caracterul regularizării	suprasnuală

Această regularizare măreşte debitul minim mediu anual de la 0,4 Q_{modul} înregistrat într-o perioadă de ani secetoşi la 0,7 Q_{modul}.

Pe baza principiilor de folosinţă a apelor, precizate în planul de electrificare al R.P.R., lacul de acumulare este prevăzut pentru satisfacerea folosinţelor complexe economice, şi anume: alimentarea cu apă, irigaţii, energie, navigaţie şi atenuarea viiturilor.

Irigaţiile sînt prevăzute a se dezvolta atît pe terasele vestice ale rîului Siret, cît şi în Bărăganul de nord-est, pe o suprafaţă de circa 300 000 ha. Apa necesară acestor irigaţii este asigurată de debitele neregularizate ale Siretului, completate cu debite efluente din lacul Izvorul Muntelui.

Energetic, apa acumulată este turbinată în centrala de la Stejaru, în care este instalată o putere de 210 000 kW, cu o producţie anuală de 490 000 000 kWh.

Satisfacerea cerinţelor navigaţiei şi alimentarea cu apă potabilă şi industrială sînt asigurate prin planurile de gospodărire a apelor impuse de folosinţele apei pentru irigaţii şi energie.

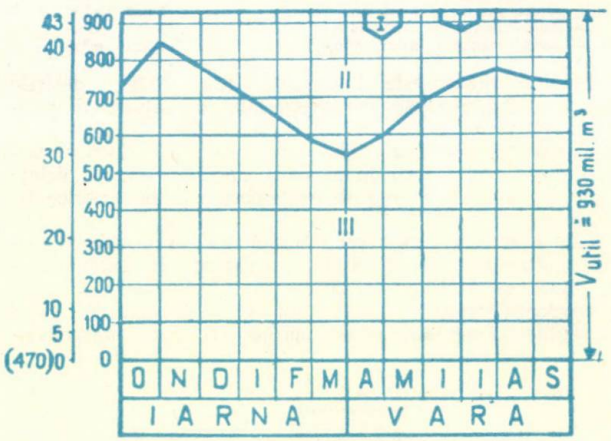
Pentru atenuarea viiturilor este prevăzut în lac un volum de 100 mil. m^3 peste nivelul normal de reţenţie, care împreună cu exploatarea dispecer a evacuatorilor micşorează debitele maxime efluente la 0,6 din debitele maxime afluente. Printr-o prognoză de 6 sau 12 ore a debitelor afluente în lac, efectul de atenuare creşte, raportul $Q_{efl.\ max.}/Q_{afl.\ max.}$ scade la 0,5 respectiv 0,4. Această atenuare aduce avantaje economice în albia bieţului aval cît şi pe cursul inferior al Siretului.

Economia energetică

Posibilitatea creării unui lac cu acumulare supraanuală a permis amenajarea unei uzine hidroelectrice de vîrf.

Datele principale energetice ale uzinei sînt:

— căderea brută maximă	149 m
— căderea maximă brută la nivel normal de reţenţie	146 m
— căderea la centrul de greutate al lacului	128 m
— căderea brută minimă	100 m
— debitul instalat	178 m^3/s
— coeficient de instalare Ki	3,50
— puterea instalată	210 MW
— puterea asigurată (90%)	166 MW
— energie produsă (an mediu)	490 GWh
— durata anuală de utilizare a puterii instalate în anul mediu	2 330 ore



ZONA	Q iarna	Q vara
	Anti deversoare $Q = Q_i = 178$ m^3/sec	
II	58	43
III	37	27

Fig. 2 — Grafic dispecer — Exploatare energetică.

Planul de exploatare a lacului s-a întocmit pe baza observațiilor hidrologice directe, în amplasamentul barajului, pe o durată de 30 ani (1919—1934 și 1934—1959).

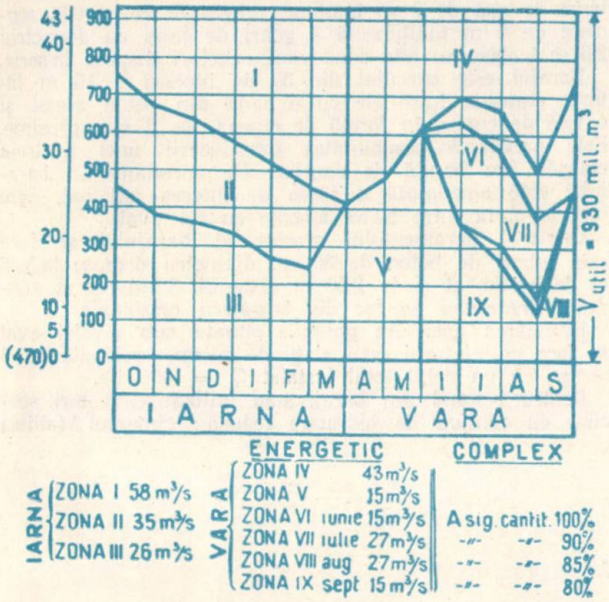


Fig. 3 — Grafic dispecer — Exploatare complexă.

În această perioadă au fost o serie de ani foarte secetoși (1945—1946), care după datele meteorologice apar cu o frecvență sub 2%.

Gospodăria apelor acumulate în lac este prevăzută în două ipoteze:

— predomină folosința energetică, iar celelalte folosințe: irigații, alimentări cu apă etc., sînt satisfăcute de debitele turbinate după necesitățile energetice;

— predomină folosința apei pentru irigații. În acest caz, stocul evacuat în perioada de vegetație crește, iar pentru satisfacerea folosințelor energetice se reține în lacul de acumulare un volum minim de apă, care permite utilizarea integrală a puterii disponibile la vîrful graficului de sarcină al zilei de iarnă.

Pentru fiecare din aceste ipoteze, exploatarea lacului s-a prevăzut a fi făcută după un plan dispecer (fig. 2 și 3) care prevede

— prinderea apelor de primăvară;

— preîntîmpinarea deversărilor anuale;

— obținerea unui debit asigurat cît mai ridicat în special în perioada anilor secetoși.

În aceste condiții, golirea lacului se va produce după o serie de ani secetoși, iar frecvența acestei goliri este mai mică decît o dată la 25 ani. Variațiile anuale ale nivelului apei în lac cu o frecvență peste 50% vor fi cuprinse între 10 și 15 m sub nivelul maxim de retenție. Atenuarea undelor de viitură este prevăzută a se realiza cu ajutorul unor diagrame dispecer de exploatare a evacuatorilor de ape mari (goliri de fund ale barajului și stavilele segment ale deversorului). Aceste diagrame dispecer determină valoarea debitului ce trebuie evacuat, funcție de nivelul în lac și valoarea debitelor afluente care sînt stabilite prin măsurători hidrometrice la coada lacului sau determinate prin prognoză. S-au prevăzut stații speciale hidrometrice și pluviometrice în bazinul superior al Bistriței pentru prognoza debitelor mari, necesare reducerii debitelor evacuate din lac.

Barajul

Pe baza condițiilor geomorfologice, geotehnice, a resurselor naturale de materiale locale și a condițiilor de realizare, a rezultat ca optim din punct de vedere tehnic și economic un baraj de greutate din beton cu următoarele caracteristici:

— înălțimea maximă de construcție	127 m
— lungimea la coronament	435 m
— lățimea maximă la bază:	
pentru blocurile nedeversoare	115 m
pentru blocurile deversoare	119 m
— lățimea blocurilor	15 m
— volumul barajului	1 625 000 m³

Barajul este fundat pe roci sedimentare, formate din gresii de Tarcău, dispuse în straturi de 0,5—15 m. grosime, intercalate cu pachete de șisturi argiloase cu grosimi de la cîțiva centimetri pînă la 7 m și un strat de conglomerate de circa 1 m grosime. Gresiile reprezintă 82% din suprafața de fundație, șisturile argiloase 17%, iar conglomeratele, 1%. Orientarea stratificației este aproape paralelă cu axul barajului, iar înclinarea straturilor spre aval cu 60—80°.

Terenul de fundație în ampriza barajului prezintă o fisurație puternică, datorită faliilor existente cu deplasări de straturi de la centimetri pînă la cîteva zeci de metri.

Profilul transversal al barajului a rezultat din condițiile impuse în calcul, prin limitarea rezistenței la piciorul aval la maximum 22 kg/cm², evitarea eforturilor de tensiune la piciorul amonte, o repartiție cît mai uniformă a rezistențelor pe talpa de fundație și asigurarea stabilității la alunecare.

Pentru evitarea încovoierii capetelor stratelor situate în aval de piciorul barajului, ca urmare a concentrării eforturilor tangențiale, a fost prevăzut un pinten de 4—6 m adîncime în zona blocurilor înalte (7—24), dimensionat pentru a repartiza în adîncime eforturile tangențiale sub valoarea rezistențelor admisibile.

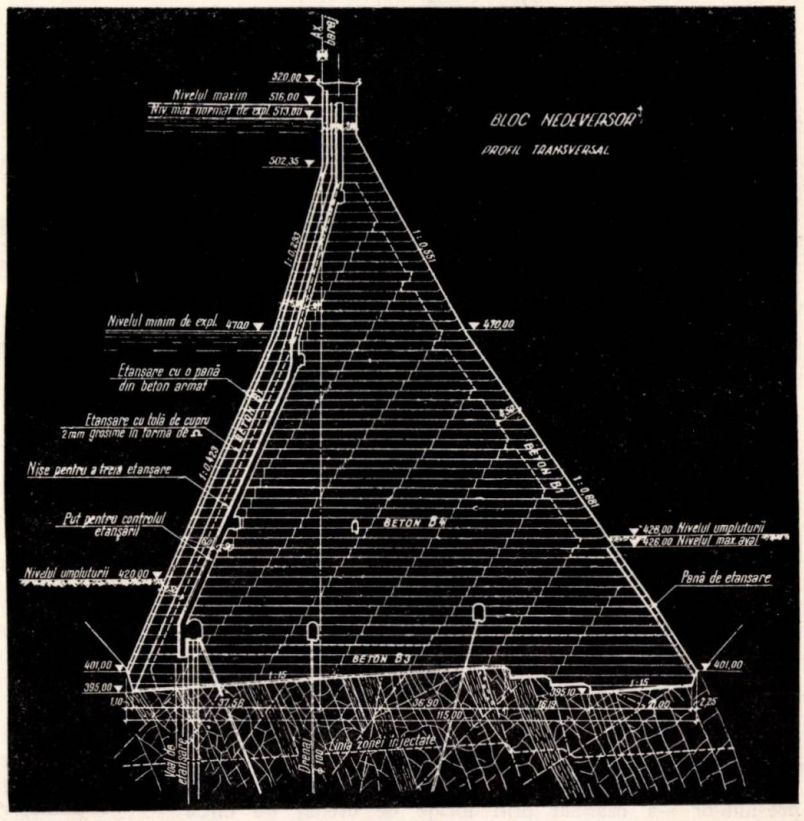


Fig. 4 — Bloc nedeversor. Profil transversal.

Pe toată suprafața de fundație, datorită gradului de fisurare a stratelor de gresie, s-a executat consolidarea rocii de bază prin injecții cu adîncimea de 10-20 m. Lucrările executate pînă la 20 octombrie 1960 reprezintă pentru cele 30 blocuri ale barajului: 48.740 ml. foraje în rocă cu un consum mediu de ciment uscat de circa 90 kg/m² fundație.

Pentru determinarea caracteristicilor hidrogeologice, s-au executat 1 800 ml foraje pe 3 profile paralele care au pus în evidență 3 zone de permeabilitate în adîncime (respectiv pînă la 55,70 și 90 m) cu absorbții de la 1 l/min ml 10 atm. pînă la 20 l/min ml. 10 atm. În forajele din zona talvegului s-au întîlnit ape ascensionale cu hidrogen sulfurat însoțite de emanații de gaz metan.

În scopul reducerii la minimum a infiltrațiilor pe sub baraj, la piciorul amonte al barajului s-a executat un voal de etanșare format din 3 rînduri de foraje pe blocurile centrale 5÷25 și continuat cu 2 rînduri de foraje în dreptul blocurilor de pe versanții 1—4 și 26—30. Forajele de pe șirul aval au ajuns la adîncimi medii de 90 m, iar pe șirul amonte la 60 m. Pe versanți adîncimea medie a forajelor este de 70 m. În versanți ecranul de etanșare a fost prelungit cu 40 m pe cel drept și 60 m pe cel stîng.

Volumul de lucrări executate pînă la 20.10.1960 însumează 48 500 ml foraje (41 700 ml în rocă și 6 800 ml în beton). Cantitatea de ciment consumată reprezintă în medie 60 kg ciment/ml foraj sau 57 kg ciment/m² de voal.

Drenarea fundației barajului în vederea reducerii subpresiunilor s-a realizat prin foraje de drenaj de circa 30 m adîncime, executate din galeria de injecții, ca și din alte 2 galerii situate în partea centrală și în avalul tălpii fundației, prevăzute numai în zona blocurilor 7—24.

Pentru evacuarea apelor mari s-a prevăzut un deversor cu 4 cîmpuri de cîte 11,5 m deschidere pentru o lamă de apă de 7 m înălțime, prevăzute cu stavile segment de 6 m înălțime și 4 goliri de fund cu diametrul 2,5 m închise cu cîte două vane ochelari dispuse în serie.

Barajul este executat din 30 de blocuri a 15 m lățime, etanșate între ele cu o pană din beton armat și o tolă de cupru, în formă de omega, de 2 mm grosime. Este prevăzută posibilitatea introducerii unei a treia etanșări, cu bandă de cauciuc. Pe coronamentul barajului este amenajată o șosea de interes național, care face legătura între bieful amonte cu cel aval.

Drenajul paramentului amonte al barajului se face prin tuburi de beton de 30 cm diametru dispuse la 3...6 m de parament și la 2,50 m distanță. Vizitarea și controlul drenajului se fac din 3 galerii orizontale.

Evacuarea apei din galeriile situate sub nivelul aval se face cu ajutorul unei stații de pompe, echipată cu 3 pompe cu un debit total instalat $Q = 400$ l/s.

Pentru betonul din baraj, s-au utilizat cimenturi speciale cu căldură de hidratare redusă: cimentul A (alitic) pentru betonul de parament cu o căldură de hidratare de 65 cal/gr la 7 zile și cimentul B (belitic) cu adaos inert în proporție de maximum 20%, pentru betonul din corpul barajului, cu o căldură de hidratare de 45 cal/g la 7 zile.

Agregatele pentru beton au fost agregate naturale de rîu, cu granulometrie continuă, extrase prin hidromecanizare, cu ajutorul a 3 drăgi refulante de tip 20 NZ, din balastiera Poiana Cîrnu, situată la 1,5 km amonte de baraj. O instalație hidraulică a permis separarea

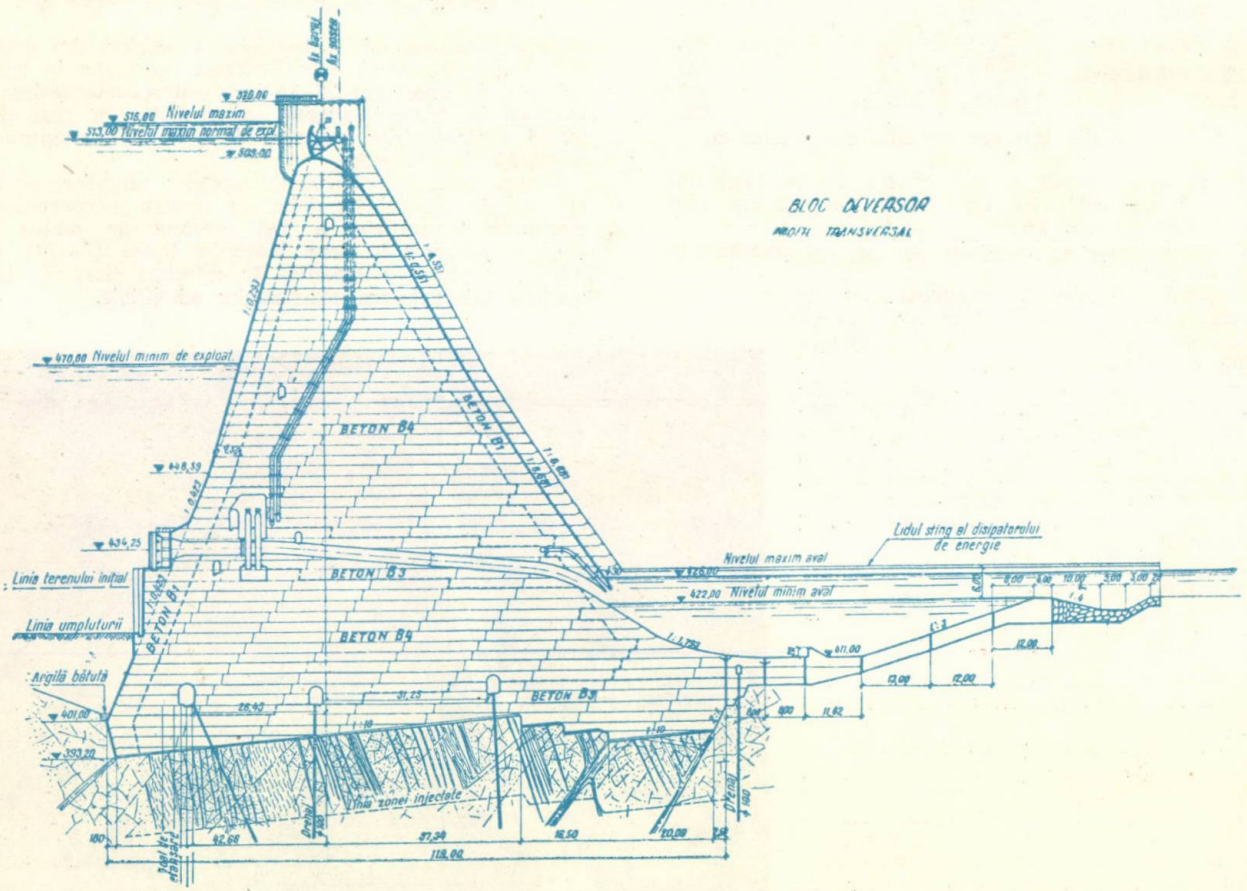


Fig. 5 — Bloc deversor — profil transversal.

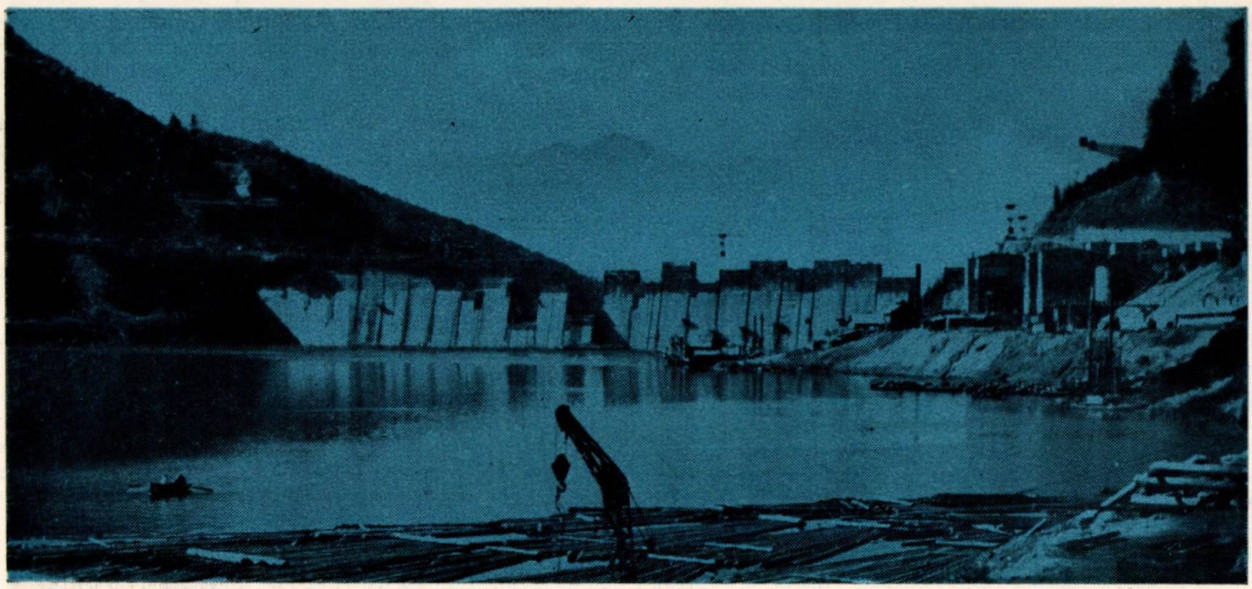


Fig. 6 — Barajul — Vedere amonte cu lacul la nivelul minim de exploatare (august 1960).

fracțiilor pînă la 15 mm de fracțiile mari, precum și o spălare activă a acestora.

Betonul turnat este de 3 tipuri, cu dozaje cuprinse între 175—270 kg ciment la m³ și agregate pînă la 120 mm. Prepararea betonului s-a făcut într-o fabrică de beton, cu o capacitate de 4 000 m³/zi, prevăzută cu instalații de transport, concasare, sortare și depozitare, instalații pentru răcirea apei, nisipului, pietrișului și cimentului. Betonarea în timpul iernii a necesitat executarea unei centrale termice pentru încălzirea apei și nisipului, care a asigurat o temperatură a betonului proaspăt de +12°C.

De la fabrică betonul s-a transportat în bene cu capacitate de 6,4 m³ așezate pe vagoane platformă de 50 t, tractate de locomotive Diesel pe o cale ferată cuadruplă, pînă la baraj, de unde benele au fost preluate de

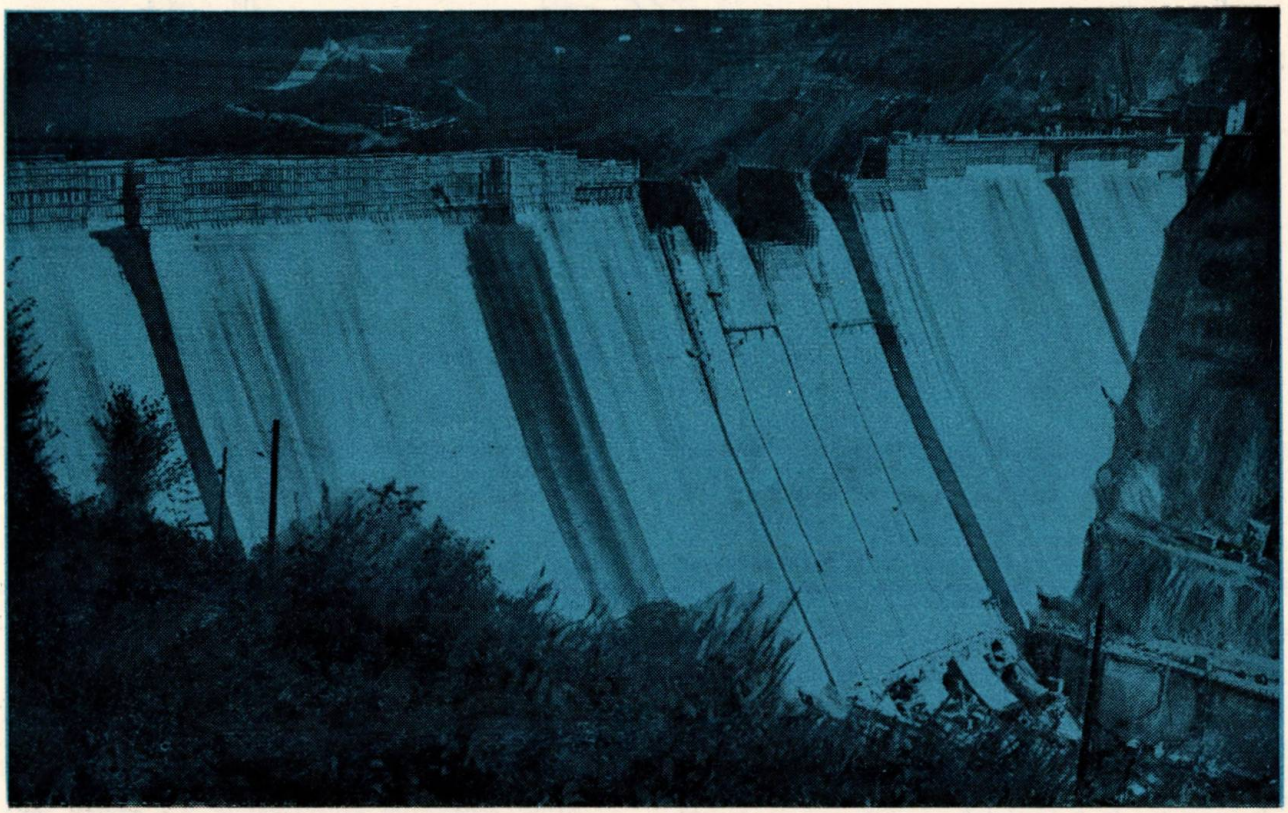


Fig. 7 – Barajul — Vedere aval (septembrie 1960).

3 macarale funicular a 20 t capacitate şi transportate la locul de punere în operă.

Compactarea betonului s-a făcut cu pervibratoare de mare frecvenţă (10 000 ture/minut) şi o productivitate de 60 m³/oră.

Ritmul anual de betonare realizat este:

1956	61 500 m³
1957	140 000 m³
1958	329 000 m³
1959	654 000 m³
1960	440 500 m³

cu o producţie lunară maximă de 70 000 m³ şi zilnică de 3 700 m³. Pînă la 20 octombrie 1960 s-au betonat 1 618 000 m³.

Priza de apă

Pe versantul stîng al albiei Bistriţei, la 1.5 km amonte de baraj, este amplasată priza de apă cu puţ umed prevăzut cu vană şi grătar la intrare. Construcţia constă dintr-o trompă de admisie aeriană apărată de ziduri de gardă şi o construcţie subterană care face trecerea de la secţiunea dreptunghiulară cu 4 deschideri din zona grătarului la secţiunea circulară a tunelului. Lungimea pe care se dezvoltă construcţia prizei de la piciorul grătarului pînă după vana de închidere este de 91,45 m.

Grătarul este alcătuit din platbande de 16 mm grosime, cu lumina între bare de 34 mm şi are o suprafaţă totală de circa 350 m². Viteza netă de admisie a apei este de 0,8 m/s. Curăţirea grătarului se face mecanic cu o maşină semiautomată.

Închiderea admisiei în tunel se face cu o vană plană de 9 x 6,50 m, care închide o secţiune de 8,25 x 5,00 m la o presiune de 5,5 atm. Ridicarea vanei se face cu un servomotor cu ulei, iar coborîrea prin greutate proprie.

O instalaţie de 2 limnigrafe semnalizează în camera de comandă a centralei nivelul apei în lac şi gradul de înfundare a grătarului.

Tunelul de aducţiune. Aducţiunea constă dintr-un tunel de bază sub presiune şi străbate muntele Botoşanu între priza de apă şi nodul de presiune situat lîngă localitatea Stejaru.

Traseul tunelului este format dintr-un aliniament racordat în zona terminală cu aliniamentul conductelor forţate printr-o curbă cu rază de 70 m. În profil longitudinal, tunelul are panta de 1,917‰, cu excepţia zonei terminale (232,03 m), unde este de 15‰.

Diametrul interior stabilit pe baza calculelor energo-economice este de 7 m, iar viteza apei la debitul instalat de 178 m³/s este de 4,64 m/s. În lungul tunelului presiunea hidrostatică variază de la 5,5 atm la priza de apă pînă la 8,0 atm la intrarea în conducta forţată.

Formaţiile geologice străbătute sînt de vîrstă senoniană, formate din marno-calcare şistoase, marno-argile şistoase şi marno-calcare litografice, roci cu aspect stîncos, care sub influenţa apei şi aerului se transformă în roci cu consistenţă slabă. Marno-argilele, în contact îndelungat cu apa, se umflă şi dau presiuni suplimentare. În ansamblu, rocile străbătute de tunel sînt practic impermeabile, coeficientul de rezistenţă elastică (K_0) determinat prin încercări în galerii experimentale variază între 100—250 kg/cm³, iar coeficientul de tărie a rocii (f) este 0,8...2, cu excepţia zonelor puternic tectonizate, unde scade la 0,5.

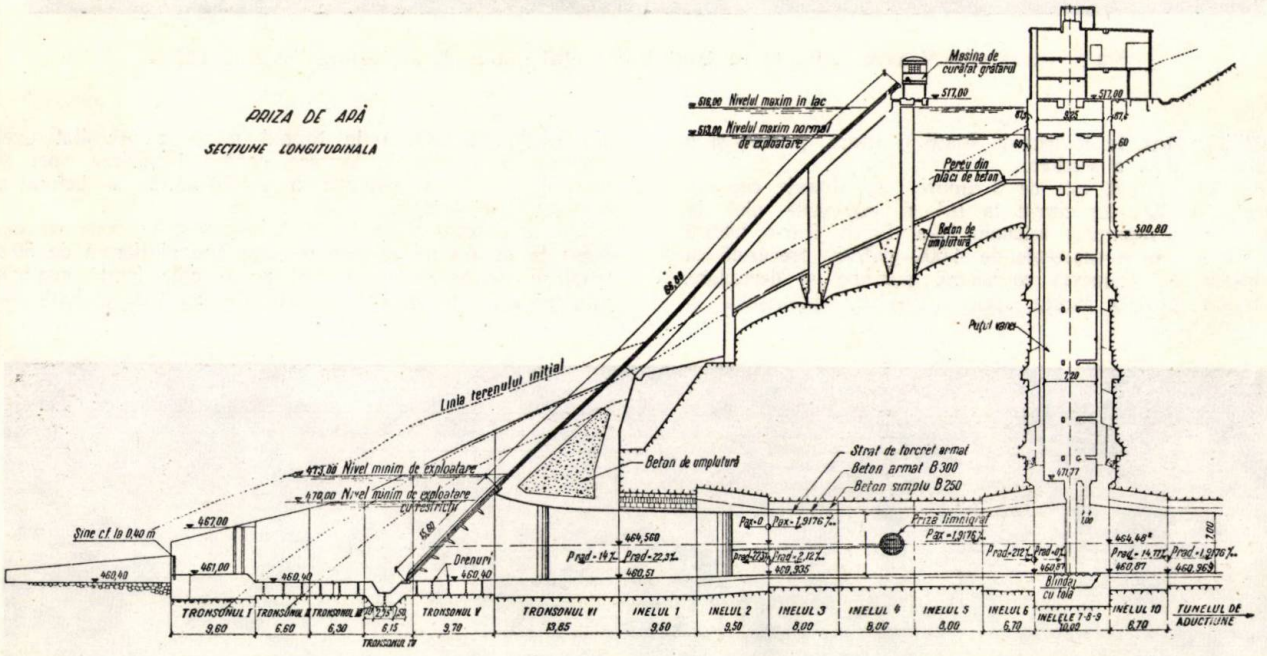


Fig. 8 — Priza de apă — secţiune longitudinală.

Tunelul a fost prevăzut cu o căptuşeală formată din două cămăşueli concentrice din beton şi beton armat, determinate atît de condiţiile geologice şi hidraulice cît şi de posibilităţile de execuţie.

Traseul tunelului, care nu a permis în condiţii economice executarea lucrării decît pe la cele două capete, precum şi condiţiile geologice grele şi dimensiunile mari ale secţiunii transversale au justificat adoptarea pentru escavaţii a metodei miniere clasice cu secţiune plină (austriacă).

Astfel, concomitent cu excavaţiile, s-a executat cămăşuiala exterioară, care are rolul de a prelua împingerea muntelui şi umflarea temporară a rocilor. Aceasta a

permis să se execute la interior o cămăşuială continuă din beton armat, care preia presiunea interioară a apei.

Cămăşuiala exterioară are grosimea la cheie între 0,8 şi 1,6 m, iar cea interioară de 0,7 pînă la 1,45 m.

Pe ultimii 424 m, pentru a asigura o impermeabilitate totală a cămăşuelii în scopul de a evita infiltrarea apei în versantul din zona nodului de presiune, tunelul este blindat cu tolă metalică de 16 mm grosime. Tola este ancorată în betonul inelului interior pentru evitarea fenomenelor de valoare.

Pe toată lungimea tunelului în zona calotei superioare s-au executat injecţii cu mortar şi lapte de ciment pentru umplerea golurilor dintre beton şi rocă, precum şi între cele două cămăşueli de beton.

Execuţia cămăşuelii interioare a fost complet mecanizată cu două instalaţii formate din cîte 5 cadre metalice dispuse în lungul tunelului şi echipate cu mecanisme şi utilaje care au permis executarea succesivă a operaţiilor:

- de curăţire şi verificare a gabaritului inelului exterior,
- montarea şi sudarea cap la cap a plasei de armătură exterioară,
- montarea şi sudarea plasei interioare de armătură,
- decofrarea, transportul şi montarea cofrajelor metalice,
- remalaxarea şi pomparea betonului.

Pentru alimentarea cu energie, un al şaselea cadru mobil a fost echipat cu un post de transformare de 6/0,4 kV.

Aceste instalaţii au asigurat betonarea fără rosturi longitudinale a cămăşuelii interioare pe lungimi de 8—12 m, simultan cu circulaţia în interiorul tunelului pe două căi ferate de ecartament 760 mm.

Betonarea blindajului s-a executat cu un cadru de betonare special prevăzut cu pompe de beton.

Prin folosirea cofrajelor metalice, s-a obţinut o suprafaţă netedă a betonului ce a determinat să se renunţe la finisarea interioară prevăzută iniţial cu torcret sclivisit.

Controlul şi întreţinerea tunelului în exploatare se vor face printr-o galerie de acces, situată în zona castelului de echilibru. Această galerie a fost folosită în perioada de construcţie pentru transportul sterilului şi betonului în tunel.

Castelul de echilibru este de tip diferenţial cu camera superioară şi diafragmă la racordul cu tunelul de aducţiune.

Pentru a nu mări presiunea interioară a apei în tunel şi a asigura în acelaşi timp conductele forţate contra pericolului de pătrundere a aerului la salt minim, diafragma este realizată la partea inferioară a tunelului

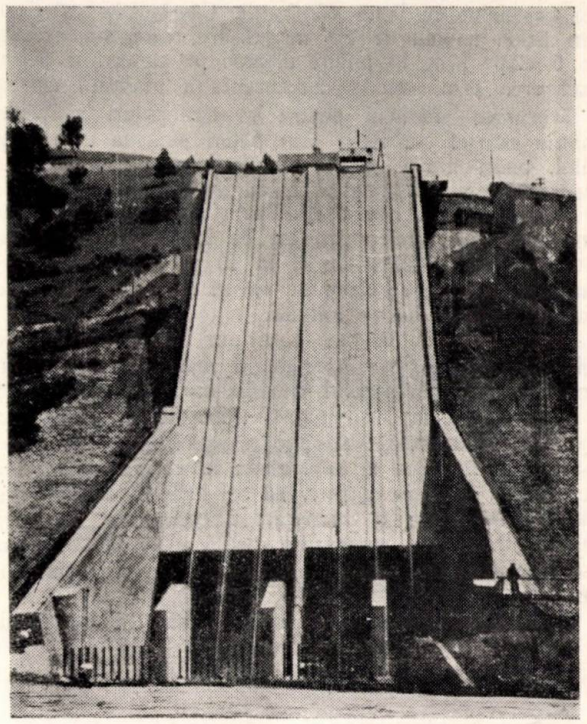


Fig. 9 — Priza de apă — Vedere frontală înainte de umplerea lacului (iulie 1960).

care traversează puţul castelului de echilibru.

Din punct de vedere hidraulic, diafragma este asimetrică şi realizează o pierdere de sarcină locală de 12 m la salt maxim şi 10 m în sens invers şi este realizată prin 2 x 3 orificii de 0,70 x 3 m.

Puţul castelului de echilibru cu diametrul interior de 23 m, rezultat din condiţia de stabilitate la oscilaţii mici, este subteran şi are înălţimea de 69,20 m.

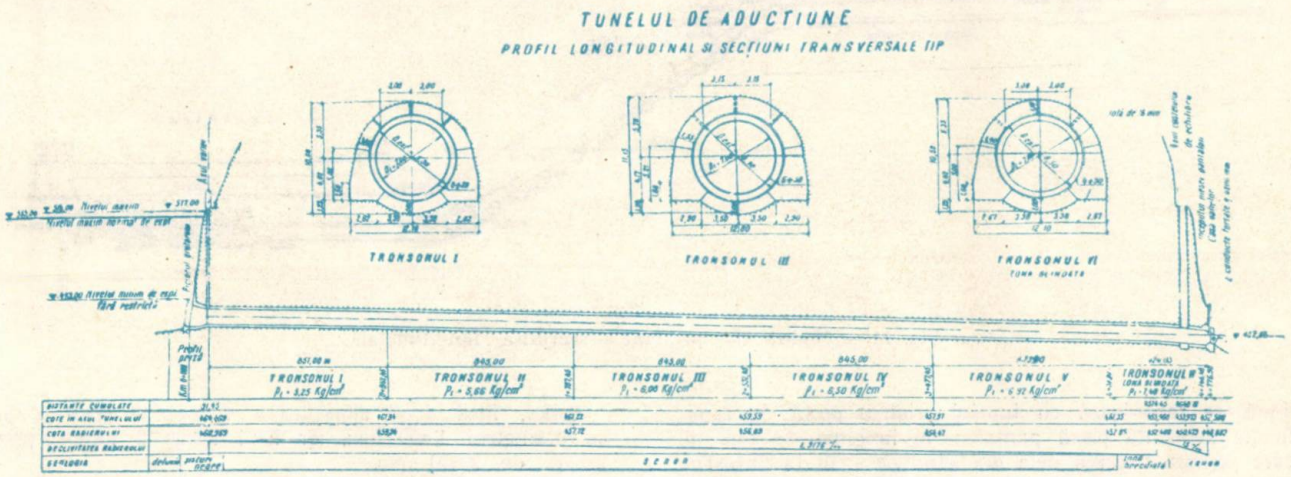


Fig. 10 — Tunelul de aducţiune.

Camera superioară aeriană are diametrul de 33 m şi înălţimea de 17 m. Înălţimea totală constructivă este de 90 m. Condiţiile geologice în amplasament sînt aceleaşi ca şi cele de pe traseul tunelului. Aceste condiţii şi dimensiunile mari au făcut necesară realizarea puţului castelului cu două cămăşueli. Cămăşuiala exterioară din beton simplu de 2,3 m grosime, care s-a executat în 5 etape prin 16 puţuri dispuse pe contur, a permis excavarea prin metoda descendentă a miezului central.

Evacuarea sterilului pentru 14 din puţuri şi pentru miezul central s-a făcut prin puţuri pînă la cota tunelului, unde, într-o galerie circulară, a fost încărcat şi transportat cu vagoneţi în halda de steril.

Cămăşuiala interioară din beton armat, care preia presiunea apei, are o grosime de 2,5 m şi este căptuşită cu tolă metalică de 8 la 20 mm. Betonarea s-a executat în inele continue de 1,6 m înălţime, tola metalică servind de cofraj interior.

Pentru evitarea voalării tolei din castel, s-a ancorat tola în beton şi s-a executat o reţea de ţevi pentru drenarea apei din spatele blindajului.

O instalaţie de telelimnigraf transmite în camera de comandă a centralei variaţiile nivelului apei din castel. Aceasta permite ca în exploatare, la variaţii importante de sarcină (pornire-oprire), să se facă manevrări prin care să se obţină o interferare a oscilaţiilor succesive, ceea ce duce la o amortizare rapidă a lor şi la scurtarea timpului de mişcări hidraulice nepermanente în instalaţii.

Conductele forţate. Conductele forţate, în număr de două, se racordează cu tunelul printr-o piesă de ramificaţie denumită piesă pantalon, în lungime de 14,2 m, care permite trecerea dela diametrul de 7 m la 2x4,20 m. Această piesă este realizată dintr-o tolă metalică de 15 mm, cu rol de etanşare, înglobată într-o construcţie de rezistenţă din beton armat. Piesa pantalon este amplasată la ieşirea tunelului din versant şi pentru realizarea ei s-au executat 3 inele de beton cu o deschidere lineară de 19 m în lungime totală de 24 m.

La partea superioară a conductelor forţate este amplasată, simetric faţă de axul tunelului, casa vanelor. Pe fiecare fir de conductă sînt prevăzute cîte două vane de tip fluture, cu diametrul de 4 200 mm, dispuse în serie şi acţionate cu servomotoare orizontale care funcţionează cu ulei sub presiune.

Manevra vanelor se face atît din camera de comandă cît şi automat, în caz de avarii. Vana aval este vană de manevră cu închidere rapidă, iar vana amonte — vană de siguranţă.

Deservirea montajului şi reviziei echipamentului din casa vanelor se face cu un pod rulant de 25 tone.

În aval de cele două vane fluture, pe fiecare fir al conductei forţate, sînt instalate două ventile de aerisire.

Conductele forţate sudate au diametrul variabil de la 4 200 la 3 800 mm şi realizează pe lungimea lor o diferenţă de nivel de circa 90 m.

Pe versant conductele sînt aeriene, iar de la baza versantului pînă la intrarea în centrală sînt subterane. Materialul din care sînt confecţionate este oţel OLx52 cu limita de curgere 3 400 kg/cm². Furnizarea conductelor s-a făcut în virole cu lungimi de 3 şi 9 m, condiţionate de gabaritul de transport.

Două masive de beton realizează ancorarea conductelor. Primul masiv este adiacent casei vanelor, iar al doilea este amplasat la baza versantului, unde conducta face un cot în spaţiu, avînd o deviere în plan de 10°. Pe partea aeriană conductele sînt rezemate pe şei din beton prin intermediul unor aparate de reazem basculante, iar la capătul superior este prevăzut cîte un manşon telescopic de dilataţie.

În zona subterană, conductele sînt orizontale şi prevăzute cu piese de ramificaţie care asigură repartiţia debitelor la fiecare turbină.

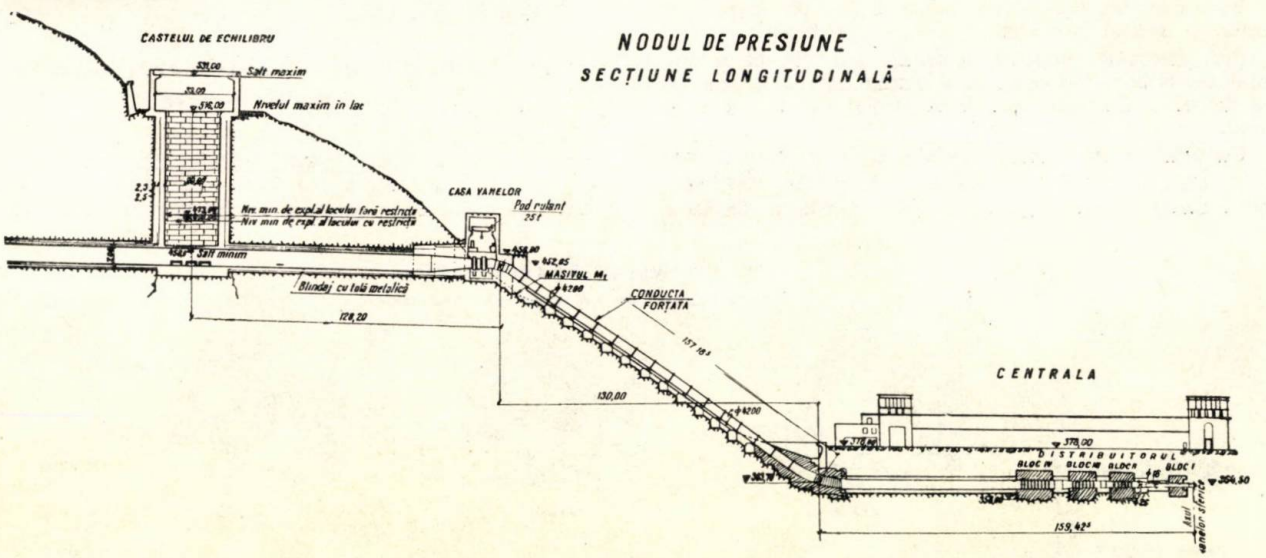


Fig. 11 — Nodul de presiune — secţiune longitudinală.

Astfel, firul drept alimentează 4 turbine prin tubaţii cu diametrul 1 800 mm, iar firul stîng 2 turbine prin tubaţii de 2 500 mm.

Acest ansamblu, denumit distribuitor, din punct de vedere static este rigid prin intermediul unor masive de ancoraj care fixează fiecare piesă de ramificaţie pe cele trei ramuri ale ei. Piesele de ramificaţie propriuzise sînt metalice, înglobate în masive de beton armat, care împreună cu construcţia metalică preiau eforturile rezultate din presiunea apei.

Pentru evitarea eforturilor longitudinale ce se produc din variaţia temperaturilor, betonarea distribuitorului s-a

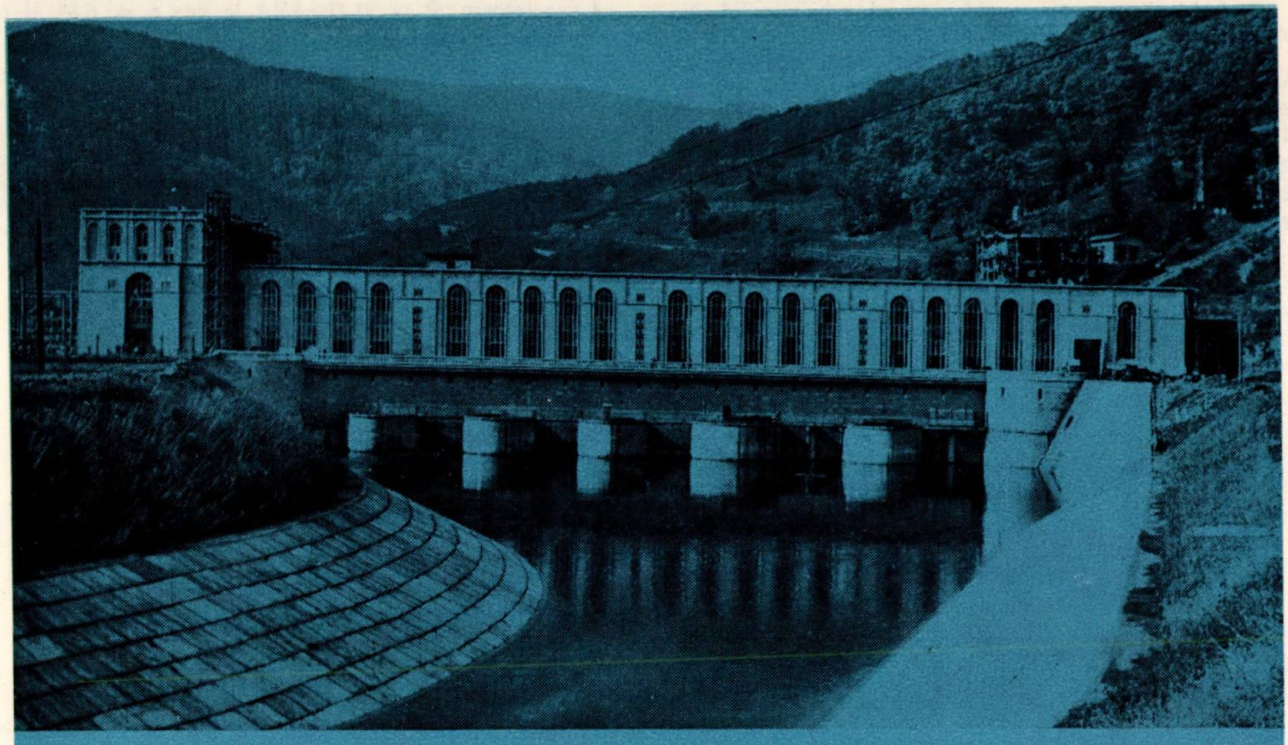


Fig. 12 — Clădirea centralei — fațada principală și racordul cu bazinul de liniștire (octombrie 1960).

făcut la temperaturi între 5 și 15°C, deci apropiate de temperatura de exploatare.

Aceste construcții sînt amplasate la 14 m sub nivelul terenului, iar deasupra lor, la cota platformei generale, sînt amplasate transformatoarele ridicătoare și parțial stația de transformare de 110 kV.

Echipamentul mecanic principal al conductelor forțate, inclusiv casa vanelor, pînă la intrarea în clădirea centralei reprezintă 2 800 tone.

Centrala hidroelectrică

Clădirea centralei, amplasată la baza versantului sudic al muntelui Botoșanul, pe terasa aluvionară superioară a rîului Bistrița, este echipată cu 6 agregate turbogeneratoare cu o putere totală de 210 000 kW.

La ieșirea din aspiratoarele turbinelor, apa debușează într-un bazin de liniștire ce se continuă cu canalul de fugă, în lungime de 1 185 m, pînă la rîul Bistrița, în dreptul localității Oanțu, la 15 km aval de baraj.

Construcția centralei este semiaeriană cu următoarele nivele principale:

— Cota platformei de acces, la care sînt situate: intrările în centrală, stațiile de transformare inclusiv transformatoarele ridicătoare, atelierul mecanic și turnul de decuvare.

— Cota planșeului de deservirea generatoarelor determinată de o gardă de 0,5 m peste nivelul maxim al apei din canalul de fugă și la care se află: generatoarele, agregatele de pomparea uleiului, regulatoarele turbinelor, tablourile serviciilor proprii, transformatoarele serviciilor interne și stația de acumulatoare, platformele de montaj și pasarele de acces pentru manevrarea batardourilor aspiratoarelor.

— Cota planșeului turbinelor, determinată de contrapresiunea necesară evitării cavitației turbinei la care se situează: turbinele, pompele de răcire și de epuisment, gospodăria de ulei etc.

Accesul la centrală se face printr-o cale ferată normală, care se racordează la c. f. Piatra-Neamț-Bicaz, și printr-o șosea asfaltată de 1,2 km, racordată la șoseaua națională ce trece prin regiune.

Funcțional, construcția cuprinde următoarele corpuri distincte:

1. Sala mașinilor (corpul principal) ce se întinde pe o suprafață construită de 130 x 28 (m²) și pe o înălțime de construcție de 38,5 m (25,5 m infrastructura și 13 m suprastructura). Ea cuprinde turboagregatele cu tot aparatajul electromecanic necesar exploatării și stația electrică de 10,5 kV.

2. Corpul atelierelor și al turnului de decuvare necesare întreținerii și reparațiilor centralei, care se întinde în partea dinspre versant a corpului principal și ocupă o suprafață de 630 m² cu o înălțime maximă de construcție de 22 m (trei nivele).

3. Corpul blocului de comandă și administrativ, în care se cuprinde și stația electrică de 35 kV, are o suprafață construită de 16,25 x 37,50 m², cu o înălțime peste nivelul terenului de 20 m.

Pe aceeași platformă cu clădirea centralei este situată stația electrică aeriană de 110 și 220 kV.

Construcția este realizată din beton armat. Infrastructura sălii mașinilor și parțial cea a blocurilor atelierelor este masivă și fundată pe stîncă, fiind împărțită prin rosturi de dilatație în blocuri separate pentru fiecare turbină. Fundarea blocului de comandă și administrativ s-a făcut pe aluviunile de pe terasa rîului.

Suprastructura centralei este formată din cadre de beton armat și zidărie de cărămidă. Fațadele principale ale clădirii centralei au fost placate cu piatră naturală de Banpotoc.

Centrala şi corpurile anexă cuprind echipamentul hidromecanic principal format din :

6 grupuri turbogeneratoare de tip radial axial cu ax vertical (Frencisc) cu următoarele caracteristici principale :

4 turbine cu $Q_i = 23$ m³/s şi $H_{max} = 194$ m
$n = 428{,}6$ rot/min şi $P = 27\,500$ kW
2 turbine cu $Q_i = 42$ m³/s $H_{max} = 149$ m
$n = 300$ rot/min şi $P = 50\,000$ kW

4 generatoare $P = 31\,500$ kVA la cos $\varphi = 6{,}85$ şi cu tensiunea 10,5 kV

2 generatoare $P = 50\,000$ kVA la cos $\varphi = 1{,}0$ şi cu tensiunea 10,5 kV

Inaintea fiecărei turbine este instalată cîte o vană sferică şi un manşon de compensare care permite deplasări relative ale turbinei faţă de conducta forţată. Fiecare turbină este prevăzută cu : regulator de viteză, regulator de presiune, agregate de pompe pentru răcire.

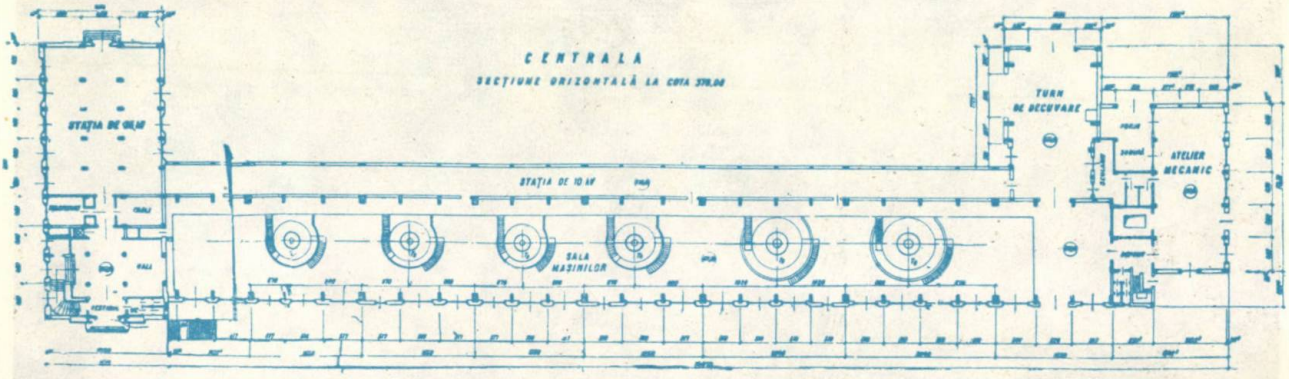


Fig. 13 — Centrala — secţiune orizontală.

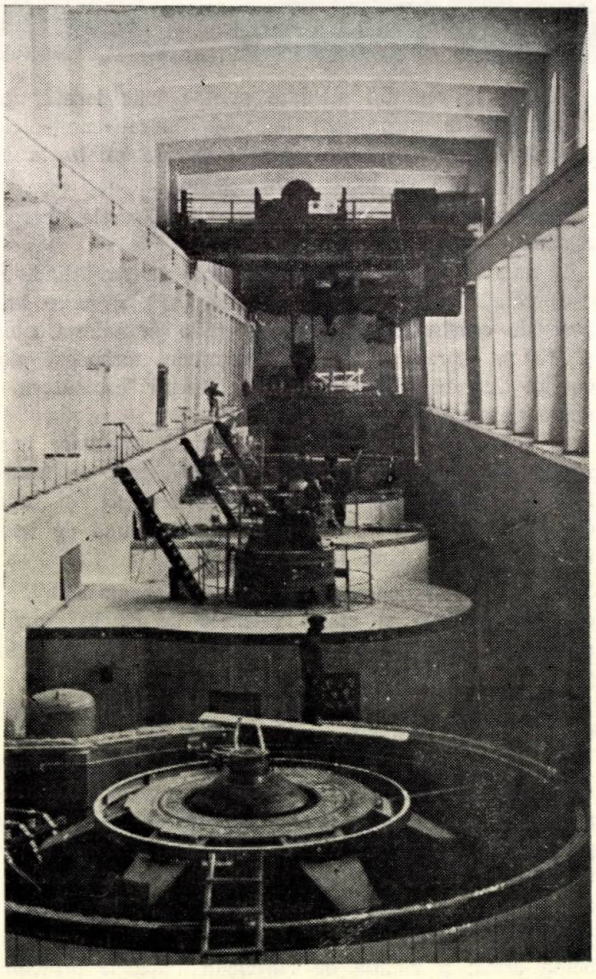


Fig. 14 — Sala maşinilor în perioada de montaj (septembrie 1960).

Pe axul fiecărui grup turbogenerator se prevede un generator pentru servicii interne de 550 kVA pentru grupurile de 27 500 kW şi 1 250 kVA pentru grupurile de 50 000 kW. Separat, fiecare generator este prevăzut cu un grup de excitare orizontal compus din motor generator. In centrală se instalează şi o turbină de casă tip radial axial cu ax orizontal cu generatorul respectiv, dimensionată pentru $Q_i = 0{,}52$ m³/s $H_{max} = 149$ m $P = 550$ kW, $n = 1\,000$ rot/min.

Ca instalaţii mecanice auxiliare, centrala cuprinde : o gospodărie de ulei pentru partea electrică, o staţie de compresoare pentru partea mecanică, care serveşte şi pentru funcţionarea grupului în regim de compensatori sincroni, o staţie de compresoare pentru partea electrică şi un atelier mecanic pentru reparaţii.

Pentru montarea şi manipularea echipamentului s-au instalat în centrală două poduri rulante de cîte 125 t fiecare, ce pot lucra împreună ridicînd o sarcină de 250 t, şi un pod rulant de 35 t în camera vanelor sferice. Se mai prevăd instalaţii de pompe pentru evacuarea apelor, batardouri cu instalaţii pentru ridicat şi transportat.

Tabloul de comandă manuală a grupurilor este aşezat în peretele dinspre aval al sălii maşinilor. In spatele acestor tablouri este camera tablourilor de joasă tensiune, conţinînd tablourile de servicii interne comune şi tablourile accesoriilor generatoarelor cuprinzînd : regulatoarele de tensiune, întreruptoarele pentru comutarea excitaţiei, dispozitivele de frînare electrică, demarorul grupului de excitaţie şi aparataj pentru automatizare.

Alimentarea serviciilor interne comune şi alimentarea de rezervă a serviciilor proprii grupurilor sînt asigurate prin două transformatoare de servicii interne de 1 250 kVA, 25/0,4 kV, aşezate în clădirea grupului de comandă.

Ieşirile de la generatoare trec în staţia de 10,5 kV situată lîngă sala maşinilor, formată din grupe de celule (separate pe fiecare generator), în care sînt aşezate separatoarele de manevră şi scurtcircuitare, transformatoare de măsură şi protecţie, întreruptoare (la grupurile 1 şi 2) şi instalaţia de stingere cu CO_2. Pentru probe este prevăzută o rezistenţă cu apă.

Transformatoarele ridicătoare sînt așezate lîngă stația de 10,5 kV și au următoarele caracteristici:

Transformatoare 1 și 2 — 31,5 MVA; 10,5/38,5 ± 8% kV/121 ± 5% kV;
Transformatoare 3 și 4 — 31,5 MVA; 10,5/121 ± 5% kV;
Transformatoare 5 și 6 — 50 MVA — 10,5/121 ± 5% kV.

Construcția lor este de tip în ulei cu răcire naturală și ventilație artificială suplimentară.

Stația de 110 kV este aeriană, amplasată pe platforma din amonte. Ea are un sistem dublu de bare, pe stîlpi de beton armat centrifugat, cu întreruptoare cu aer comprimat de 110 kV și 600 A pe element și separatoare rotative comandate cu aer comprimat.

Stația conține 20 celule de 9 m lățime cu 11 plecări în linie (5 în etapa I-a), 6 intrări de la transformatoare, o cuplă, o celulă de măsură și o celulă de paratoneri.

Stația de 35 kV este de tip interior și este compusă din 16 celule așezate în două rînduri, avînd un sistem dublu de bare colectoare. Celulele sînt echipate cu separatoare comandate cu aer comprimat și un întreruptor cu aer comprimat. Stația este alimentată de la transformatoarele 1 și 2 cu trei înfășurări prin cable și are: două plecări în cablu la transformatoarele de servicii interne, o cuplă, o celulă de măsură și plecările pentru liniile aeriene, racordate printr-o porțiune de cablu.

Pentru legarea centralei la barele naționale de 220 kV, este prevăzută realizarea unei stații de 220 kV în continuarea stației de 110 kV.

Camera de comandă conține tablourile pentru stația de 110 kV, stația de 35 kV, serviciile interne, bateriile de acumulatoare, limnigrafe, sincronizare automată și un pupitru de comandă pentru generatoarele principale, grupul de casă și sincronizare.

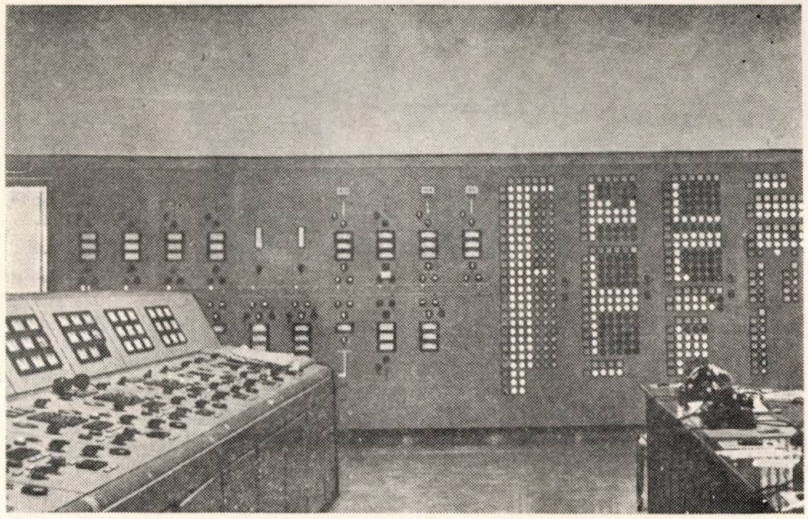


Fig. 15 — Centrala — cameră de comandă.

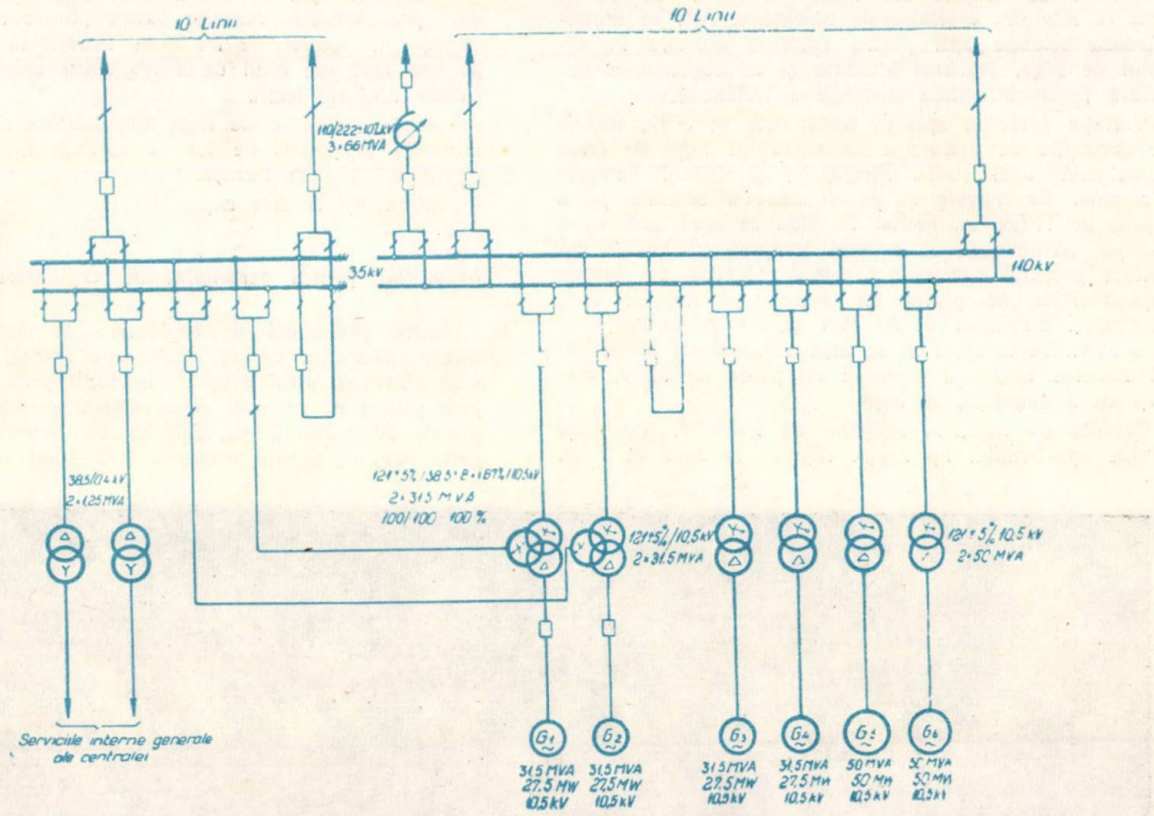


Fig. 16 — Centrala — schema electrică.

Tablourile auxiliare din camera de comandă conțin toate releele de protecție și contoarele. Serviciile interne de curent continuu sînt alimentate de la două baterii de 220 V, funcționînd în regim de încărcare-descărcare.

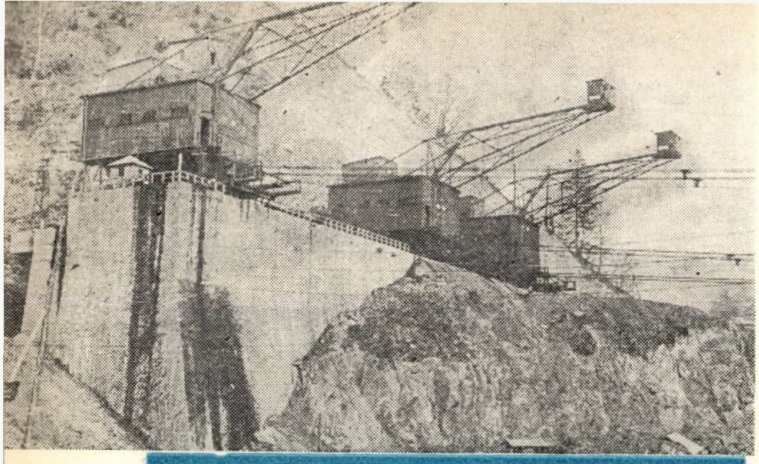


Fig. 17. Baraj — macaralele funiculare — turnurile motoare — versantul drept

Lîngă camera de comandă este amplasată camera de dispecing a hidrocentralei.

Turnul de decuvare este echipat cu o macara fixă de 125 tone şi un pod rulant de 3 tone.

În total echipamentul mecanic al centralei reprezintă 1 340 tone, iar echipamentul electric 3 200 tone (inclusiv staţia de 110 kV).

Bazinul de liniştire şi canalul de fugă

Bazinul de liniştire are rolul eliminării turbulenţei apei ce iese din aspiratoarele turbinelor. Aici se uniformizează vitezele apei pentru intrarea acesteia în canalul de fugă, realizînd totodată şi contrapresiunea necesară funcţionării fără cavitaţie a turbinelor.

Variaţia nivelului apei în bazin este de 3 m, funcţie de condiţiile de înecare a canalului de fugă de către amenajarea aval (UHE Pîngăraţi) şi debitul turbinat.

Bazinul de liniştire se racordează cu centrala pe o lăţime de 113,58 m. Forma în plan se aseamănă cu o trompă nesimetrică; în profilul longitudinal fundul bazinului prezintă contrapante diferite, funcţie de pantele aspiratoarelor pe partea lor finală, şi anume: 11% în dreptul turbinelor de 50 MW şi 8% la turbinele de 27,5 MW. De la 96,40 m de axul longitudinal al centralei radierul bazinului continuă cu panta de 0,5‰, aceeaşi cu a canalului de fugă.

Canalul de fugă, în lungime de 1 185 m, are două profile tip. Profilul tip I cu: lăţimea la fund de 7 m, panta taluzelor submersibile 1 : 2, lăţimea bermei orizontale de 1,5 m, situată cu 1 m deasupra nivelului maxim normal, şi panta taluzelor deasupra bermei 1:1,25. Adîncimea maximă a apei variază în lungul canalului de la 5,5—6 m, iar viteza maxim a apei la debitul instalat şi nivel minim este de 4,8 m/s.

Profilul tip II, de racordat cu rîul Bistriţa, are: cota fundului cu 1,4 m sub cota fundului profilului tip I, lăţimea la fund de 35 m, panta taluzelor 1 : 1,2.

Racordarea celor două profile se face printr-un disipator de energie evazat, care are rolul de a disipa energia apei la racordul cu rîul Bistriţa pe o cădere de circa m. Această cădere va fi utilizaă de UHE Pîngăraţi, al cărei lac va inunda sectorul aval al canalului.

Traseul în plan al canalului de fugă este format din trei aliniamente racordate la curbe cu raza de 120 m.

Constructiv, bazinul de liniştire are ziduri de sprijin din beton pe ambele maluri pe o lungime de circa 85 m. Zidurile realizează trecerea de la panta 1 : 0,5 la panta 1 : 2. În spate zidurile au drenuri şi sînt fundate în majoritate pe stîncă. Radierul bazinului este executat din plăci de beton turnate pe loc de: 8 x 8 x 0,30 m pe contrapante şi de 2,0 x 3,0 x 0,20 m pe radierul cu panta 0,5‰.

Profilul de tip I al canalului este pereat cu o cămăşuială de beton permeabilă, pentru a se evita punerea sub presiune inversă a cămăşuelii la variaţiile bruşte ale nivelului apei în canal. Permeabilitatea este realizată prin rosturile deschise dintre plăcile de beton ale cămăşuelii, aşezate pe un strat filtrant în grosime de 20 cm, care are rolul de a împiedica antrenarea particulelor fine din teren.

Taluzele canalelor de fugă sînt pereate cu plăci prefabricate din beton de 1,41 x 1,41 x 0,15, iar fundul canalului cu plăci turnate.

Profilul tip II este nepereat.

Locuinţele pentru personalul de exploatare

Pentru personalul de exploatare al centralei şi al construcţiilor din cadrul amenajării (baraj, priză etc.), s-au construit două grupuri de locuinţe: unul la Stejaru pentru 80 salariaţi şi al doilea la Dodeni (baraj) pentru 20 salariaţi. Grupul de la Stejaru, fiind depărtat de un centru urban, a fost dotat cu construcţii

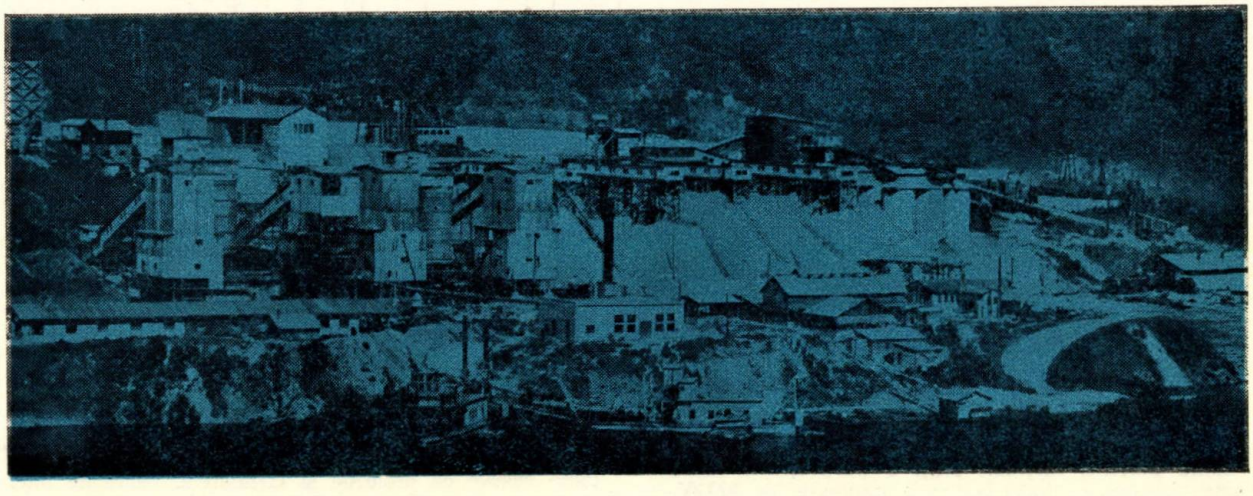


Fig. 18 — Baraj — fabrica de beton cu 4 secţii şi o productivitate de 4000 m³/zi.

de deservire social-economică care să satisfacă şi populaţia din regiune.

Grupurile de locuinţe sînt prevăzute cu instalaţii şi construcţii edilitare, iar construcţiile în cea mai mare parte cu termoficare.

Organizarea şantierului

Distanţa mare dintre diferitele construcţii de executat şi lungimea totală a şantierului, specificul diferit al metodelor de lucru adoptate pentru fiecare obiect, precum şi faptul că ansamblul lucrărilor au fost concentrate în două regiuni diferite, situate la circa 15 km distanţă una de alta, au condus la organizarea a trei şantiere de

— şantierul tunel-intrare;
— şantierul baraj;
— şantierul nod de presiune.

Volumele de lucrări principale pentru lucrările definitive executate pe aceste şantiere sînt:

— excavaţii la zi	circa 2 000 000 m³
— excavaţii în stîncă	1 050 00m m³
din care:	
în subteran	700 000 m³
— betoane şi betoane armate	2 255 000 m³
— injecţii	124 620 ml
— umpluturi de pămînt	580 000 m³
— montaj echipament definitiv	11 000 tone

Pe fiecare din şantierele principale au fost organizate şantiere pe obiecte, care au avut o bază comună de aprovizionare şi deservire a utilajelor, precum şi o singură conducere tehnică.

În cadrul şantierului tunel-intrare s-au executat: priza de apă inclusiv puţul vanei şi tunelul de aducţiune pe primii 2 600 m. Şantierul baraj a fost organizat pentru executarea complexului de lucrări de la baraj inclusiv exploatarea balastierelor.

Pe şantierul nod de presiune s-a organizat execuţia: castelului de echilibru, tunelului de aducţiune după km 2 + 600, conductei forţate cu casa vanelor, centralei şi construcţiilor anexe, staţiei electrice de 110 kV, canalului de fugă şi locuinţelor pentru personalul de deservire.

Pe fiecare din aceste şantiere s-au organizat şi executat construcţiile şi instalaţiile provizorii de şantier respective şi locuinţele muncitoreşti provizorii.

În afară de aceste lucrări aferente direct fiecărui şantier, prin specificul, utilarea şi distanţa respectivă, s-au mai executat şi lucrări provizorii centrale, ca: o centrală termică provizorie echipată cu motoare Diesel, linii de înaltă tensiune pentru transportul energiei, depozite, garaje, precum şi amenajările din regiune care sînt legate de realizarea construcţiilor definitive şi deservesc pentru perioada de construcţie şantierele (alimentarea cu apă, drumuri etc.).

Fig. 20. UHE Roznov I — betonarea taluzelor canalului de aducţiune (august 1960)

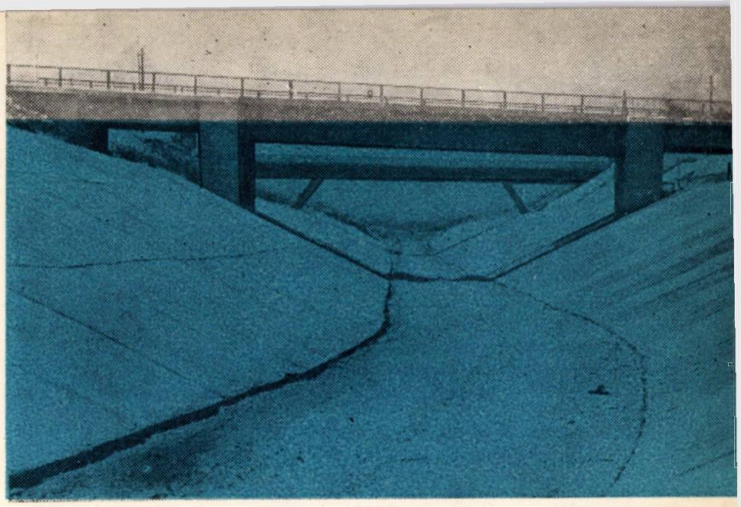


Fig 19 UHE Roznov I — canalul de aducţiune în perioada de execuţie (august 1960).

Conducerea şantierului, împreună cu unităţile tehnice şi de deservire centrală, este amplasată în centrul de greutate al lucrărilor — oraşul Bicaz.

Ansamblul şantierelor a fost deservit de o cale ferată normală, Piatra-Neamţ — Pîngăraţi — Bicaz, în lungime de 25 km, care deserveşte şi industria de ciment din regiune. Din staţia Pîngăraţi s-a executat o linie de deservire a şantierului nod de presiune, care s-a ramificat pe teritoriul şantierului în mai multe linii de garaj. Una dintre aceste linii rămîne şi în faza de exploatare a centralei pentru transportul echipamentului. Pe fiecare şantier, legătura între instalaţiile auxiliare şi punctele de lucru a fost asigurată prin drumuri interioare sau căi ferate înguste. Pentru accesul la punctele de lucru situate la diferenţe mari de nivel au fost instalate planuri înclinate.

Prepararea betonului şi a altor materiale de masă, precum şi transportul şi punerea în operă a betonului s-au executat la un grad ridicat de mecanizare, ceea ce a condiţionat în mare măsură organizarea fiecărui şantier în parte şi dotarea cu instalaţiile adecvate pentru: extragerea şi înnobilarea agregatelor, fabrici de betoane, macarale pentru transport, staţii de compresoare, ateliere de cofraje, ateliere de armături, ateliere de reparaţii, instalaţii de alimentare cu energie electrică şi construcţii de locuinţe şi social-culturale.

Pentru studierea materialelor de construcţie şi pentru controlul calităţii betoanelor pe şantier, s-a construit şi organizat un laborator central de betoane amplasat în cadrul şantierului baraj. Laboratorul a fost dotat cu instalaţiile şi aparatura necesară executării întregii game de probe şi încercări pe agregate, betoane şi bitumuri. Tot laboratorului a revenit şi sarcina recepţionării cimenturilor, în special a celor pentru baraj.

În ansamblu, şantierele s-au dezvoltat pe o lungime de circa 20 km pe valea rîului Bistriţa şi pe văile laterale între localităţile Potoci şi Pîngăraţi, precum şi exploatarea unei balastiere la 60 km aval de centrală în localitatea Racova.

O reţea telefonică deservită de 5 centrale telefonice a asigurat legătura între diferite puncte ale şantierului dispersate pe o lungime de 20 km, precum şi legătura cu conducerea şantierului.

Volumele aproximative de lucrări executate pentru construcţiile provizorii de pe întreg şantierul sînt:

— excavaţii	920 000 m³
— betoane	45 000 m³
— suprafeţe construite	162 000 m²
— montaj echiadment	6 000 tone

Consumul total de energie pentru perioada de execuţie este de circa 160 000 000 kWh la o putere instalată în transformatoare de circa 18 000 kVA.

Costul lucrărilor

Repartizarea investiţiilor pe genuri de cheltuieli din ansamblul amenajării UHE „V. I. Lenin' — Bicaz reprezintă:

— construcţii şi montaj, lucrări de bază	64,7%
— echipament	9,8%
— locuinţe pentru personalul de exploatare	0,7%
— căi de comunicaţie, instalaţii energetice şi amenajarea teritoriului	0,7%
— supravegherea lucrărilor şi pregătirea cadrelor	3,7%
— lucrări provizorii şi de organizarea şantierului	15,8%
— proiectare, studii şi cheltuieli pentru exproprieri	6,4%

Amenajarea Bistriţei în aval de UHE „V. I. Lenin"-Bicaz

Din regularizarea debitelor realizată prin lacul Izvorul Muntelui, beneficiază întreg sectorul Bistriţei în aval de Stejaru. Acest sector, în lungime totală de 75 km, are un potenţial teoretic mediu ridicat, între 1 000—1 500 kW/km şi o cădere disponibilă de 230 m.

In planul de dezvoltare a economiei naţionale pe perioada 1960—1965, aprobat de Congresul al III-lea al Partidului Muncitoresc Romîn, se prevede amenajarea în continuare a rîului Bistriţa.

Planul de amenajare energetică a Bistriţei aval prevede ca sectorul între uzina hidroelectrică „V. I. Lenin" şi Piatra Neamţ să fie amenajat cu două uzine hidroelectrice cu caracter de vîrf, avînd mici lacuri de acumulare, iar sectorul în aval de Piatra Neamţ să fie amenajat cu uzinele hidroelectrice amplasate în cascadă pe un canal de derivaţie în lungime de circa 57 km.

Prima uzină hidroelectrică de vîrf, UHE Pîngăraţi, situată în aval de UHE „V. I. Lenin"-Bicaz, dispune de un lac de acumulare de 6 000 000 m³, cu rolul de a regulariza săptămînal debitele captate de pe bazinul hidrografic din aval de barajul Izvorul Muntelui, astfel încît debitul mediu al acestei centrale creşte de la 50,7 la 60,5 m³/s.

A doua uzină hidroelectrică — UHE Vaduri — are tot caracter de vîrf şi beneficiază de un lac de circa 4 000 000 m³, care are rolul de a exploata independent cele două uzine, avînd un volum util pentru o compensare zilnic-orară.

Debitele pulsatorii turbinate de UHE Vaduri sînt redresate în lacul UHE Piatra Neamţ, care are un volum de circa 6 000 000 m³.

In prezent din cascada de uzine hidroelectrice prevăzute în aval de Bicaz, UHE Pîngăraţi, UHE Roznov I şi UHE Roznov II sînt în execuţie.

Amenajările hidroelectrice de pe valea Bistriţei, împreună cu celelalte obiective economice realizate sau în curs de realizare, au transformat viaţa economică a regiunii, caracterizată în trecut prin păstorit şi exploatări forestiere, într-o regiune cu caracter industrial în plină dezvoltare.

Uzina hidroelectrică Sadu V

Dr. ing. Dorin PAVEL şi ing. Radu PRIŞCU

I. Generalităţi

Uzina hidroelectrică Sadu V — Sibiu, cu o putere instalată de 15 400 kW şi o producţie anuală medie de energie de 70 mil. kWh/an, face parte din realizările primului plan de electrificare, lansat în anul 1950. Prin acumularea sa de cca. 6,5 mil. m³ apă, această uzină contribuie la acoperirea vîrfului de sarcină al sistemului energetic al Ardealului central.

Bazinul rîului Sadu, situat pe versantul nordic al Carpaţilor meridionali, are o suprafaţă totală de 360 km² şi o lungime de 46 km. Între masivul Şerbănei, de unde izvorăşte, şi punctul de vărsare în Cibin, rîul Sadu prezintă o cădere de 1 606 m şi deci o pantă medie de 34,9‰. Bazinul este în general împădurit, cu excepţia zonei din amonte de confluenţa rîului Sadu cu Bătrîna Mică; coeficientul mediu de împădurire pe întreg bazinul este de 65,70%.

Valea rîului Sadu este în general îngustă şi cu versanţii înalţi şi abrupţi, cu excepţia ultimei porţiuni de circa 8 km, între comuna Sadu şi confluenţa cu Cibinul, unde valea se lărgeşte foarte mult.

Stocul anual de apă, în anul mediu, este de circa 83 mil. m³, puterea medie disponibilă este de 23 415 kW, iar energia anuală de 205 mil. kWh.

Sub forma sa din anul 1950, schema generală a hidrocentrului prevedea amenajarea a şase uzine. Dintre acestea existau uzinele din sectorul inferior Sadu I şi Sadu II, cu o putere totală instalată de 2 700 kW, putere care urma să se mărească cu ocazia reconstruirii acestor uzine vechi de peste 60 de ani. Cea mai importantă uzină din hidrocentru este U.H.E. Sadu V, cu parametrii indicaţi mai înainte.

Uzina Sadu V a fost pusă în funcţiune, într-o primă etapă, lucrînd sub sarcina batardoului, la sfîrşitul anului 1955. În perioada anilor 1955—1957 s-au executat lucrările de la captarea secundară Sădurel. Pentru barajul Negovanu lucrările s-au început în anul 1958, urmînd să fie terminate în primăvara anului 1961.

II. Schema uzinei Sadu V

Uzina Sadu V amenajează rîul Sadu pe un sector de circa 11 km, cuprins între zona aval de lunca Rozdeşti şi un punct situat imediat amonte de confluenţa cu Sădurelul. Căderea totală a sectorului amenajat este de 407 m.

Principalele uvraje ale amenajării sînt următoarele:

— un baraj de beton în arc, cu înălţimea maximă de 62 m; barajul este deversant şi poate evacua un debit de 280 m³/s (frecvenţa 1/200);

— o galerie de golire care străpunge malul drept, cu diametrul de 3 m şi lungimea de 175 m, capabilă să evacueze un debit de 80 m³/s;

— o galerie de priză, cu diametrul de 1,80 m şi lungimea de 160 m, care ieşind la zi întîlneşte casa vanelor de admisie;

— aducţiunea, compusă dintr-un tronson de 240 m de conductă de beton armat, cu diametrul de 1,50 m, şi dintr-o galerie cu diametrul de 1,80 m şi lungimea de 5 000 m;

— un castel de echilibru, prevăzut cu o cameră superioară aeriană şi cu o cameră inferioară;

— o galerie forţată, cu diametrul de 1,80 m şi lungimea de 106 m, care se termină la casa vanelor, aeriană, prevăzută cu două vane fluture, cu diametrul de 1,50 m;

— o conductă forţată metalică cu diametrul variabil de la 1,50 la 1,20 m şi lungimea de 940 m;

— centrala, echipată cu două turbine Pelton cu ax orizontal şi generatoare de curent trifazate; puterea instalată în fiecare grup este 7 700 kW la o cădere netă de 375,00 m şi un debit instalat de 2,50 m³/s turb.;

— un canal de fugă cu secţiunea de 1,60 x 1,80 m şi lungimea de 165 m;

— o staţie de transformare aeriană de 6/60 kV, prevăzută cu patru celule;

— un tunel de deviere în dreptul centralei, cu o lungime de 135 m, capabil să evacueze un debit de 280 m³/s.

În afara acestor uvraje, schema prevede o serie de captări secundare, dintre care cea mai importantă este captarea Sădurel, cu un debit instalat de 1,7 m³/s. Apa captată debuşează în aducţiunea principală prin intermediul unui puţ vertical de 42 m adîncime.

III. Barajul Negovanu

1. Condiţii naturale şi elemente constructive

Amplasamentul barajului Negovanu se găseşte în defileul denumit Gîtul Berbecului, defileu caracterizat prin versanţi abrupţi şi complet despăduriţi. Roca de bază este alcătuită din gneise mixte, paragneise şi gneise feldspatice. Caracterele acestor şisturi cristaline, lipsa faliilor şi a zonelor de alterare, înclinarea şistuozităţii spre amonte şi grosimea redusă a aluviunilor constituie în ansamblu condiţii favorabile pentru execuţia unui baraj înalt. Prin studiile efectuate pe teren s-au determinat următorii coeficienţi geotehnici: rezistenţa admisibilă la compresiune 50—75 kg/cm², modulul de elasticitate 100 000 kg/cm² şi coeficientul de frecare beton - rocă 0,65—0,70.

Din examinarea mai multor variante de baraj a rezultat că cel mai economic, mai sigur şi mai rapid de executat este un baraj arcuit, cu unghiuri la centru şi raze variabile. La această soluţie a condus şi conformaţia topografică a văii, caracterizată de un raport coardă — înălţime 120/60 = 2 — foarte favorabil.

În secţiunea maestră, barajul are o grosime de 3,50 m la coronament şi 19,00 m la bază. Raza medie la coronament este de 78,00 m, iar unghiul la centru este de circa 110°. Barajul s-a executat din 13 ploturi cu

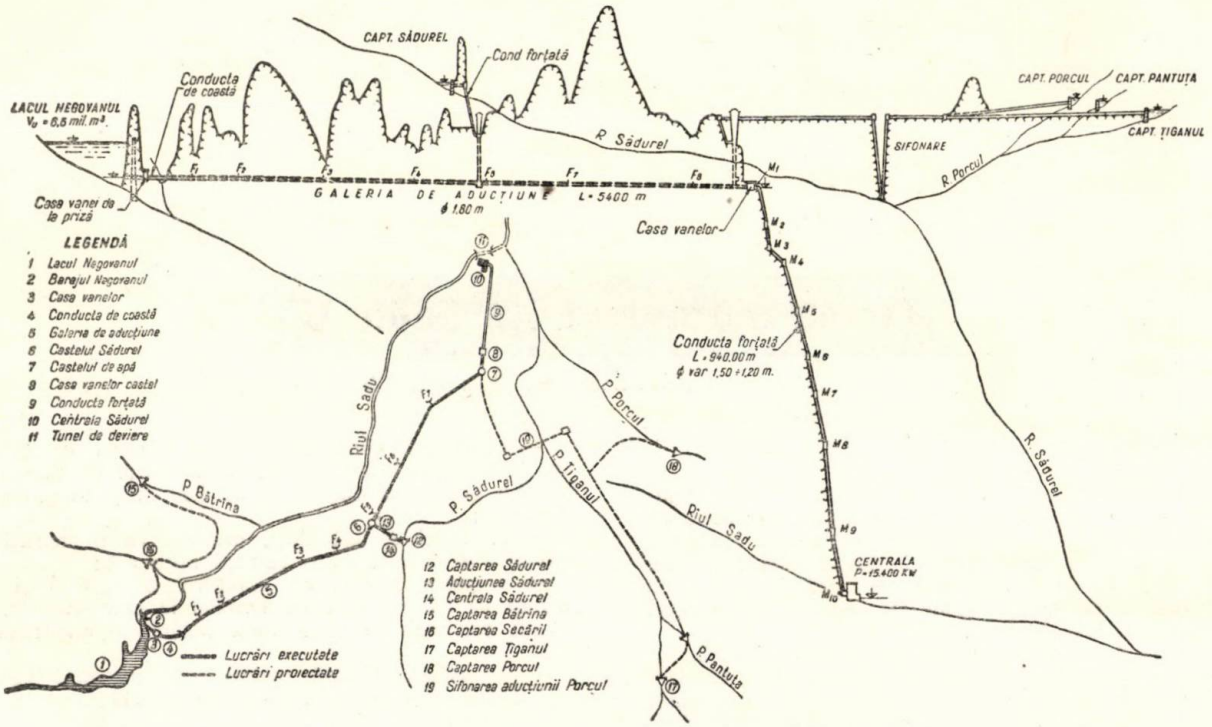


Fig. 1. Schema uzinei Sadu V: plan și profil sinoptic

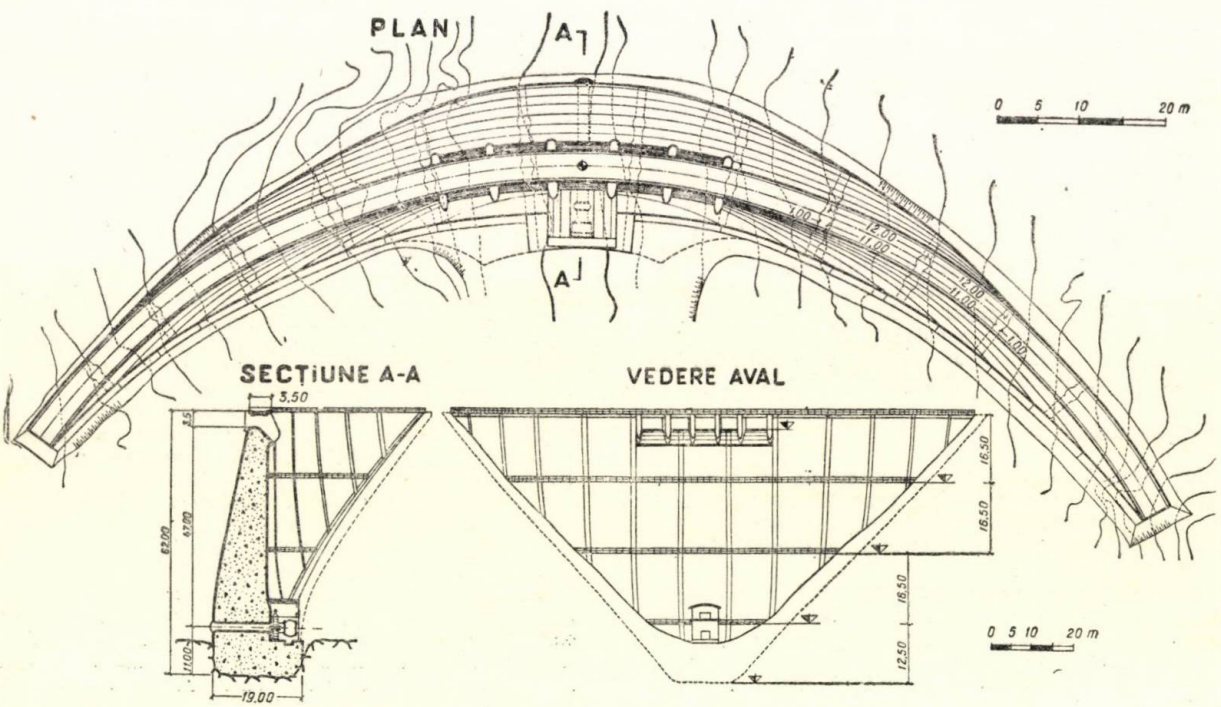


Fig. 2. Barajul Negovanu: plan și secțiuni caracteristice

distanța între axele rosturilor de 12 m, cu excepția ploturilor extreme, lungi de 10,00, respectiv 17,00 m. Deoarece nu s-a prevăzut nici un mijloc de răcire artificială a betonului, între ploturile centrale s-au lăsat rosturi de contracție radiale de 1,00—1,50 m lățime, care se vor betona și injecta ulterior. Volumul total de beton este de 48 000 m³.

Descărcarea apelor mari se face prin deversare peste o zonă special amenajată în partea centrală a barajului, constituită din 5 deschideri de 5,56 m. La debitul catastrofal de 280 m³/s grosimea lamei deversante este de 2,80 m. În plotul central al barajului este prevăzută o conductă de golire cu diametrul de 1,00 m, obturată la extremitatea aval cu o vană fluture și una conică.

Barajul s-a fundat pe roca sănătoasă la o adîncime medie de 5—7 m. Talpa de fundație este continuă. Pînă la circa 30 m adîncime în talveg și circa 10 m pe versanți, roca este slab fisurată. Pentru asigurarea etanșeității s-a prevăzut un voal de injecții pe tot conturul barajului. Voalul s-a executat prin două rînduri de foraje verticale, dispuse în șah, la distanțe de circa 2,50 m. Forajele s-au executat cu foreze KAM 300, iar injectarea celor circa 2 000 ml forați s-a făcut prin faze ascendente, pe tronsoane de 4—5 m, sub presiuni variind între 3 și 25 atmosfere. S-au executat de asemenea foraje de legătură între talpa barajului și roca de fundație, adînci de circa 5 m și injectate cu lapte de ciment sub presiuni de 1,5—3,0 atmosfere.

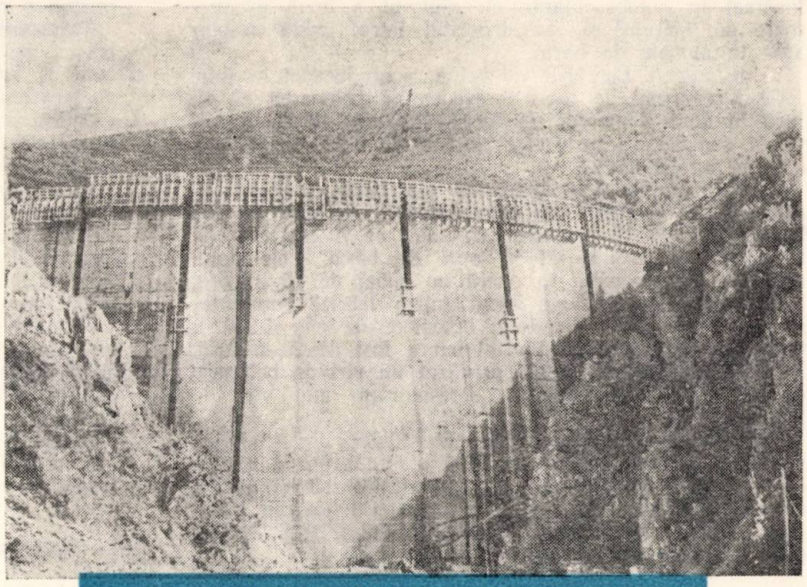


Fig. 3. Barajul Negovanu în construcție

2. Calcule statice

Solicitările care au fost luate în considerare la calculul eforturilor din corpul barajului au fost:

— presiunea hidrostatică;
— greutatea proprie;
— variațiile de temperatură în ipoteza lacului plin și gol.

Nu s-au introdus în calcul:

— contracția betonului, al cărei efect se înlătură prin răcirea naturală a ploturilor, prin intermediul rosturilor lărgite;
— umflarea betonului, care are efecte favorabile din punct de vedere static;
— cutremurul, din cauza seismicității reduse a regiunii.

Într-o primă etapă, eforturile s-au calculat repartizînd presiunea hidrostatică numai în secțiunea maestră a barajului, într-o a doua etapă, mai aprofundată, calculul s-a făcut după metoda rețelelor, considerînd barajul drept o placă curbă, rezemată elastic pe contur. Eforturile provocate de variațiile de temperatură s-au calculat în ipoteza că arcele orizontale acționează independent.

În ipotezele cele mai defavorabile au rezultat următoarele eforturi maxime:

— din presiunea hidrostatică și greutatea proprie — 25 kg/cm² compresiune și 4 kg/cm² tensiune;
— din solicitările precedente, inclusiv variațiile de temperatură — 30 kg/cm² compresiune și 10 kg/cm² tensiune.

3. Rețeta de betonare

Date fiind dimensiunile reduse ale barajului, s-a prevăzut ca acesta să fie construit dintr-un singur sort de beton.

Neexistînd în apropierea barajului o balastieră cu agregate naturale, s-au cercetat în regiune mai multe amplasamente pentru o carieră de piatră. În cele din urmă cariera a fost fixată într-o zonă situată pe malul stîng al rîului, în amonte de baraj cu circa 500 m. Piatra de zăcămînt constituită din gneis biotitic cu bobul mărunt, de culoare verzuie, s-a dovedit corespunzătoare pentru obținerea unor betoane de bună calitate. Din cauza rezervelor reduse și a posibilității ca nisipul rezultat prin concasaj să conțină o cantitate de mică ridicată, pentru nisip (0—7 mm) s-a indicat ca sursă balastiera Sebeș-Olt, situată la 40 km distanță. Acest nisip, cu granulele silicioase, lipsit de părți levigabile, a îmbunătățit în mare măsură calitatea betonului.

În urma studiilor efectuate în laboratorul de betoane ICSE s-a recomandat următoarea rețetă:

agregate:	nisip de rîu	0— 7 mm	33—38%
	piatră de concasaj	7—30 mm	25—33%
	piatră de concasaj	30—50 mm	19—27%
	piatră de concasaj	50—80 mm	15—20%
ciment:	A 400 (alitic Bicaz)		250 kg/m³
adaosuri:	plastifiant (SSB)		0,1%
	antrenor aer (vinsol)		0,01%
factor apă/ciment			0,52

Rezultatele obținute în laborator au fost:

— greutate volumetrică	2 400—2 500 kg/m³
— rezistența la compresiune, la 28 zile	200 kg/cm²
— rezistența la încovoiere, la 28 zile	45 kg/cm²
— permeabilitatea la 28 zile, pătrunderea apei la 6 at.	

4. Execuția barajului

a) *Trasarea.* Pentru materializarea pe teren a conturului și a fundațiilor barajului s-au folosit o serie de profile transversale, orientate după radialele arcelor de la cotele respective. Direcțiile acestora au fost date prin reperi amplasați în amonte și în aval de baraj.

Pentru trasarea progresivă a ploturilor în timpul betonării s-a adoptat metoda axelor fixe. Aceasta constă în fixarea pe teren a unui număr de aliniamente care intersectează ploturile în sens longitudinal și față de care sînt calculate din birou distanțele pînă la paramente sau la fețele laterale, pentru fiecare plot. Pentru trasarea barajului Negovanu s-au folosit 5 axe fixe.

b) *Excavațiile.* Excavațiile pentru baraj s-au împărțit în trei zone:

— zona superficială de deluvii, aluviuni și rocă degradată;

— zona de săpături grosiere, excavată prin explozii cu încărcătură normală;

— zona de săpături de finisaj, cu o grosime de circa 0,5 m, excavată prin explozii cu încărcături reduse (200—100 g pe gaură).

Sterilul rezultat, cu un cubaj total de 28 000 m³, s-a încărcat în autobasculante cu ajutorul a două excavatoare de 0,20 m³ și s-a depozitat într-o haldă amplasată în amonte de baraj.

c) *Betonarea.* Lucrările de betonare au început în iulie 1959. Programul de lucru prevedea ca betonarea să se facă în două campanii de lucru (1959 și 1960), terminarea completă a lucrărilor urmînd să aibă loc în primăvara anului 1961.

Punerea în operă a betonului s-a făcut cu 2 macarale tip „23 August" (cu capacitatea de ridicare de 2 t la un braț de 15 m), care circulau pe o estacadă de lemn, amplasată imediat în aval de baraj. Cele două macarale puteau pune în operă un cubaj de 16 m³/oră. Prepararea betonului s-a făcut într-o fabrică semiautomatizată, prevăzută cu două betoniere de cîte 1 200 l. Capacitatea de producție a fabricii a fost de 20 m³/oră. În programul de lucru s-a prevăzut un vîrf de betonare de 4 000 m³/lună, ceea ce corespundea unui vîrf de 300 m³/zi.

Cofrajele pentru paramente, constituite din panouri plane de 2,60 x 1,60 m, au fost alunecătoare și căptușite cu tablă. Aceleași panouri au fost utilizate și pentru cofrarea rosturilor de contracție. Pentru fundațiile barajului s-au folosit cofraje simple — dulgherești. Înălțimea lamelelor de turnare a fost de 1,50 m.

5. Organizarea generală a șantierului

Șantierul a fost organizat după cum urmează:

Piatra brută a fost adusă de la carieră cu vagonete tractate de locotractoare pînă la stația de concasare, situată imediat amonte de baraj. Concasarea pietrei s-a făcut într-o singură treaptă cu ajutorul a două concasoare A 6, cu o capacitate totală de 14 m³/oră. După sortarea agregatelor, pietrișul (sorturile 7—80 mm) a fost dus cu ajutorul unor benzi transportoare pînă la silozuri, în timp ce nisipul rezultat a fost evacuat într-un depozit amenajat pe coastă. Capacitatea celor patru silozuri pentru pietriș a fost de cîte 200 m³ fiecare (două silozuri pentru sorturile mici 7—30 și 30—50 mm și două silozuri pentru sortul mare 50—80 mm).

Nisipul s-a adus de la balastiera Sebeș-Olt pînă la punctul Pîrîul Secării pe calea ferată forestieră. De aici, prin intermediul unui plan înclinat s-a ridicat pînă la depozitul amenajat în șeaua Negovanu, cu o capacitate de 4 000 m³. Din depozit nisipul a fost transportat pe drumul de coastă pînă în dreptul celui de-al 5-lea siloz, tot de 200 m³, în care se încărca. Toate silozurile au fost executate din lemn cioplit și au fost cercuite cu inele de fier beton de 25—30 mm diametru. De la silozuri agregatele au fost duse pînă la fabrica de beton cu ajutorul unei benzi transportoare.

Cimentul a fost transportat de la silozurile din gara Tălmaci pînă la silozul de lîngă fabrica de beton. Capacitatea silozurilor de la Tălmaci a fost de 700 tone, iar a celui de la baraj de 300 tone, constituind împreună o rezervă pe circa o lună la vîrful de betonare.

Transporturile de materiale pînă la șantier s-au făcut parțial pe linia ferată forestieră Tălmaci—Gîtul Berbecului și parțial prin mijloace auto, pe drumul amenajat pe terasamentul aceleiași linii.

Alimentarea șantierului cu energie electrică s-a făcut prin linia de 15 kV de la uzina Sadu V. Puterea totală instalată pe șantierul barajului a fost de circa 750 kW.

Alimentarea cu apă potabilă și industrială s-a făcut din două surse: prin pompare din lacul batardoului și din captarea Pîrîului Secării. Debitul acestor captări a fost de 5 l/s, consumul maxim fiind de circa 12 l/s. Apa captată s-a înmagazinat într-un rezervor de beton armat cu o capacitate de 100 m³.

Cazarea muncitorilor, al căror efectiv maxim a atins cifra de 300 oameni, s-a făcut în fosta colonie a aducțiunii de la „Dudaș". Personalul de conducere și supraveghere a fost cazat în două cabane situate în amonte de baraj.

Șantierul a mai fost dotat cu atelier de cofraje, atelier mecanic, fierărie, magazii diverse, laborator de betoane, birouri etc.

IV. Captarea Sădurel

Sădurelul, afluentul cel mai important al rîului Sadu, este captat într-un punct denumit Șeaua Pleșii, situat în apropierea galeriei de aducțiune principale. Cota de captare prezintă o diferență de nivel de 46 m peste nivelul maxim de retenție din lacul Negovanu. S-a prevăzut ca această cădere să fie utilizată într-o centrală secundară.

Din punctul de captare bazinul de recepție al Sădurelului totalizează 24 km² și un debit modul de 0,5 m³/s. La un debit instalat de 1,7 m³/s, aportul acestei captări în centrala Sadu V reprezintă 18% din producția anuală de energie.

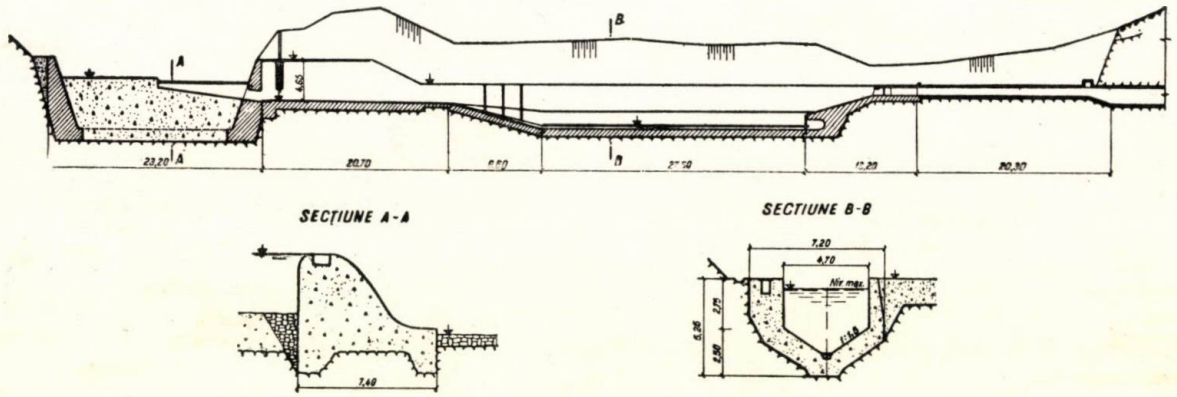


Fig. 4. Captarea Sădurel — secțiuni caracteristice

Captarea Sădurel cuprinde următoarele uvraje:

— o priză de fund cu un canal colector lung de 12 m;

— un denisipator, dimensionat pentru a depune particulele mai mari de 0,25 mm la debitul de 1,7 m³/s;

— o aducțiune, compusă dintr-un canal și o galerie de 1,80 m diametru, cu scurgere liberă, în lungime totală de circa 70 m;

— două conducte forțate de 0,65 m diametru și 100 m lungime, care fac legătura între camera de încărcare și castelul Sădurel, respectiv centrala Sădurel — cu o putere instalată de 400 kW;

— castelul Sădurel, prevăzut cu o cameră aeriană tronconică şi cu un puţ de 2,30 m diametru şi 42 m adîncime, care face legătura — prin intermediul unei conducte metalice de 1,10 m — cu aducţiunea principală; în zona lărgită de la baza puţului se realizează dezaerarea lamei de apă circulare care deversează în puţ.

Fără centrala secundară, captarea Sădurel comportă următoarele lucrări principale:

— excavaţii	8 300 m³
— betoane	3 300 m³
— montaje piese metalice	10 tone

V. Aducţiunea

1. Conducta de coastă

a) *Descrierea lucrărilor.* Conducta de coastă, în lungime de 240 m, face legătura între galeria de priză şi galeria de aducţiune. Diametrul interior al conductei este de 1,50 m, iar grosimea peretelui de 28 cm. Presiunea maximă de serviciu este de 3,8 at, iar viteza maximă de scurgere este de 2,85 m/s. Rezemarea conductei se face pe un pat continuu de beton sub un unghi de 90°. Conducta a fost prevăzută cu rosturi de contracţie provizorii şi permanente, dispuse alternativ, la o distanţă medie de 25 m. Rosturile provizorii s-au betonat la 60—100 zile de la turnarea tronsoanelor adiacente, iar cele definitive au fost etanşate cu tolă de cupru de 1,5 mm. Conducta este prevăzută la interior cu un strat de torcret de 2 cm şi este vopsită la interior şi exterior cu irazbit.

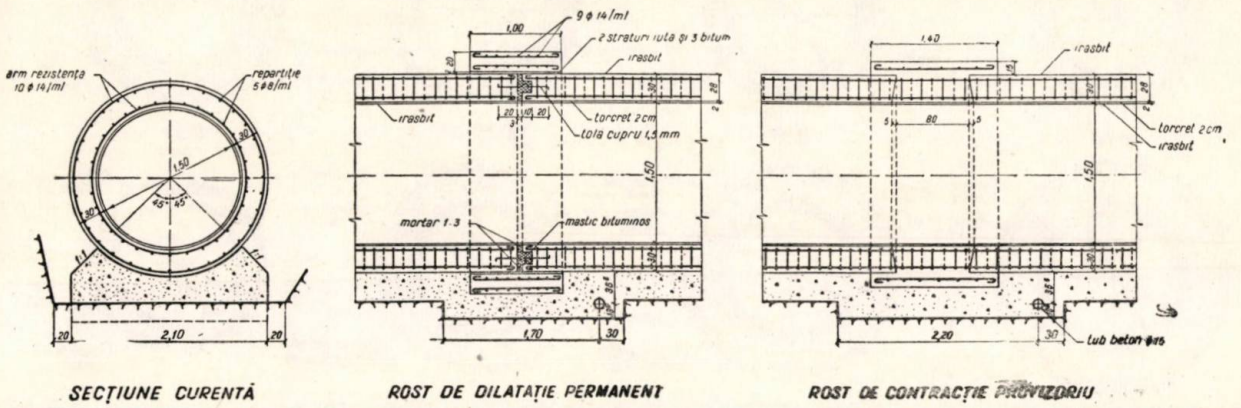


Fig. 5. Conducta de coastă: secţiune curentă şi detalii

b) *Execuţia lucrărilor.* Betonarea conductei s-a făcut pe tronsoane de 25 m.

Reţeta de betonare prescrisă de laboratorul ISPE a fost:

— nisip:	0— 4 mm	12% din balastiera Sebeş-Olt
	0— 7 mm	46% de concasaj
— pietriş:	7—20 mm	42% de concasaj
— ciment: T25—400		350 kg/m³
— factor apă/ciment		0,65

Betonul a avut o consistenţă slab plastică, totuşi suficient de lucrabil. Cuburile de probă încercate la 90 de zile de la turnare au dat următoarele rezultate:

— rezistenţa la compresiune	190	kg/cm²
— rezistenţa la tracţiune	15	kg/cm²
— permeabilitate la 8 at.	14	cm
— greutate volumetrică	2,3	t/m³

Operaţiile de cofrare şi de armare ale conductei nu au pus probleme deosebite.

c) *Indici tehnico-economici.* La execuţia conductei au rezultat următorii indici mai importanţi:

— săpături	35	m³/ml
— umpluturi	10	m³/ml
— beton (B-90) în patul conductei	1,2	m³/ml
— beton armat (B 200)	1,6	m³/ml
— armături (OL-38)	200	kg/ml
— armături (OL-38)	125	kg/m³
— cofraje	12	m²/ml
— zidării şi pereuri	3	m³/ml

Pe categorii de lucrări costurile reprezintă procentual:

— terasamente	20%
— betoane	55%
— cofraje şi eşafodaje	6%
— izolaţii	12%
— pereuri şi zidării	7%
Total	100%

2. Galeria de aducţiune

a) *Descrierea lucrărilor.* Aducţiunea a fost excavată în versantul drept al rîului Sadu. Ea străbate un complex de şisturi cristaline în care predomină gneisele feldspatice; subordonat s-au întîlnit micaşisturi şi paragneise. Roca a fost în general dură şi rezistentă, fapt care a făcut ca pe cea mai mare parte a tronsonului să nu fie necesare sprijiniri. Funcţie de natura rocii şi de gradul ei de fisuraţie s-au stabilit următorii coeficienţi de rezistenţă elastică (k_0):

>1 000	kg/cm³	pe 46%	din traseu
500—1 000	,,	,, 20%	din traseu
200— 500	,,	,, 15%	din traseu
50— 200	,,	,, 8%	din traseu
0— 50	,,	,, 11%	din traseu

Galeria are diametrul interior de 1,80 m, lungimea de 5 000 m şi panta longitudinală de 2,5‰. Presiunile statice variază între 3,8 şi 5,2 at, iar pierderea de sarcină corespunzătoare debitului instalat de 5 m³/s, afluent numai din lacul Negovanu, este de 12,75 m.

Cu excepţia unui tronson de 60 m, pe care s-a aplicat o cămăşuială de beton simplu de 15 cm, galeria s-a căptuşit cu beton simplu sau dublu armat, cu grosimea variind între 20 şi 70 cm. Pe majoritatea lungimii galeriei s-a aplicat un strat interior de torcret de 2 cm. Pentru asigurarea conlucrării dintre cămăşueala de beton şi rocă, la preluarea presiunii interioare, s-au executat injecţii cu mortar de ciment. Calculul static al diferitelor tipuri de cămăşuieli s-a făcut după normele sovietice, admiţîndu-se o rezistenţă la tensiune în beton de 13 kg/cm².

b) *Execuţia lucrărilor.* Pentru execuţie, prin intermediul a şapte ferestre de atac, galeria a fost împărţită în opt tronsoane cu lungimile variind între 176 şi 963 m. Legătura între punctele de lucru s-a făcut prin intermediul unui drum de coastă lung de cca. 5,5 km, prevăzut cu o linie decovil.

Aprovizionarea şantierului cu materiale s-a făcut cu ajutorul planului înclinat definitiv, instalat de-a lungul conductei forţate, cît şi cu ajutorul planului înclinat provizoriu, instalat în dreptul coloniei Dudaş. Alimentarea cu energie electrică s-a făcut printr-o linie de 15 kV, de la uzina Sadu II. Alimentarea cu apă s-a asigurat prin mai multe captări locale, pe cale gravitaţională.

În dreptul fiecărei ferestre s-a organizat o gospodărie proprie pentru staţia de betonare şi staţia de compresoare. În general, s-au utilizat compresoare de 10 m³/min.

Cazarea muncitorilor s-a făcut în colonia Dudaş, cu o capacitate de 500 de persoane.

Pentru betonarea galeriei s-a stabilit de către laboratorul ISPE următoarea reţetă :

— nisip :	0— 7 mm	45%
— pietriş :	7— 15 mm	25%
	15— 30 mm	30%
— ciment :	T 25—400	350 kg/m³
— factor apă/ciment		0,55

Costul agregatelor de rîu fiind ridicat, s-au utilizat numai agregate de concasaj. Acestea au fost extrase din trei cariere, care s-au deschis succesiv pe drumul de coastă.

Betonarea s-a făcut pe tronsoane cu lungimi variabile între 4 şi 8 m. La cofrare s-au folosit cintre metalice şi cofraje din dulapi. Vibrarea betonului s-a făcut cu vibratoare pneumatice, fabricate în R.P.R.

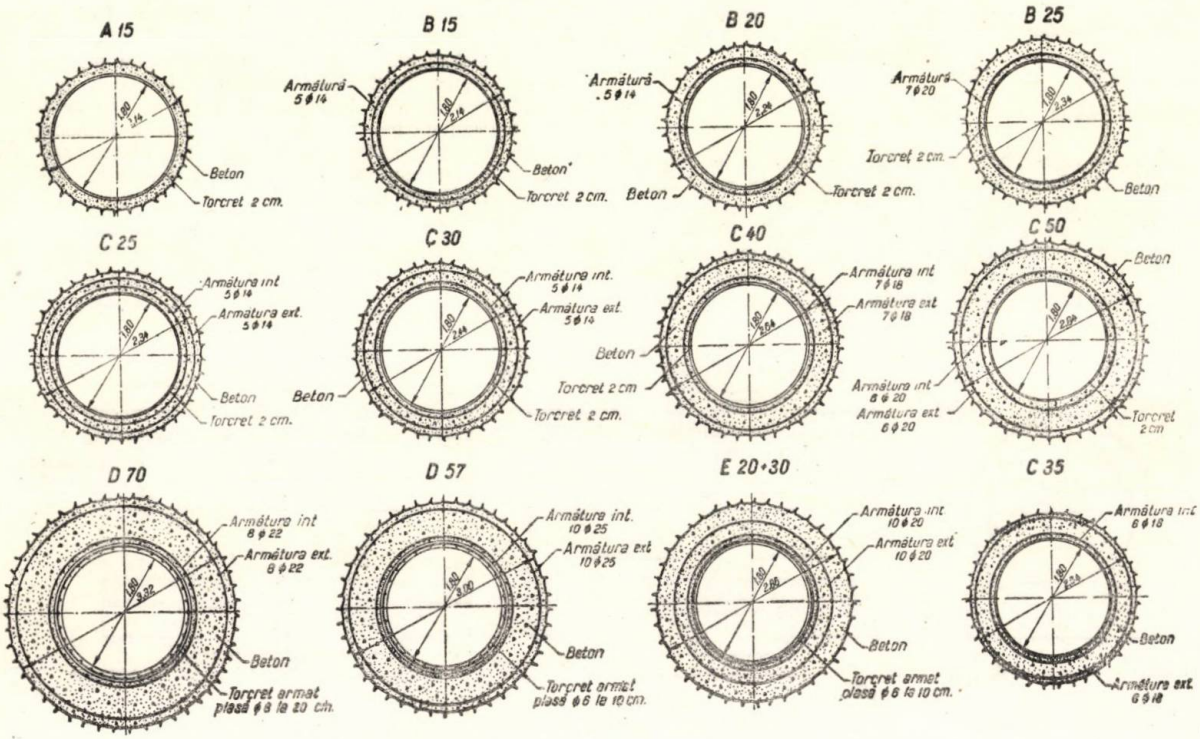


Fig. 6. Galeria de aducţiune : secţiuni caracteristice

c) *Indici tehnico-economici :*

excavaţii real executate	32 000 m³	—6,2 m³/ml
betoane real executate	18 400 m³	—3,5 m³/ml
armături intrate în opreă	823 t	—43 kg/m³—150 kg/ml
injecţii : ciment	2080 t	—0,4 t/ml
nisip	1 500 m³	—0.294 m³/ml
găuri forate	9 500 ml	—1,86 m/ml

Pe categorii de lucrări, costurile reprezintă procentual :

— excavaţii	50%
— betoane	44%
— injecţii	6%
Total	100%

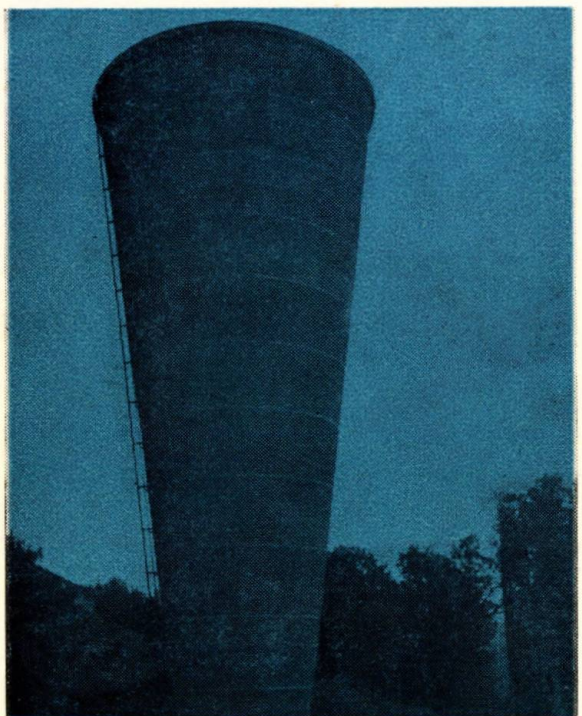


Fig. 7. Camera superioară a castelului principal

VI. Castelul de echilibru

1. Descrierea lucrărilor

Castelul de echilibru al uzinei Sadu V se compune din :

— un puţ vertical, cu diametrul interior de 2,50 m şi adîncimea de 34 m ;

— o cameră inferioară, cu diametrul variabil între 3,00 şi 2,50 m şi lungimea de 25 m :

—o cameră superioară aeriană, de formă tronconică, cu înălţimea totală de 25 m, avînd la bază diametrul de 2,50 m, iar la partea superioară de 9,80 m ; camera este acoperită cu o cupolă de beton armat de 10 cm grosime.

La interior castelul s-a tencuit cu un strat de torcret de 3 cm, vopsit cu irazbit.

Cămăşuiala camerei inferioare şi a puţului vertical, cu grosimea de 0,30 m, s-a dimensionat ţinînd seama de conlucrarea ei cu roca înconjurătoare. Peretele ca-

merei superioare aeriene, cu grosimea variabilă de jos în sus de la 0,35 la 0,15 m, şi cupola s-au calculat ca pînze subţiri.

Calculele hidraulice ale castelului s-au făcut luîndu-se în considerare şi puţul de racord al captării secundare Sădurel.

2. Execuţia lucrărilor

Excavarea camerei inferioare şi a puţului vertical al castelului nu a pus probleme deosebite. Evacuarea materialului din camera inferioară s-a făcut prin galeria forţată; excavarea puţului s-a făcut de sus în jos. Pentru betonarea cămăşuielilor s-a folosit aceeaşi reţetă ca la aducţiune.

Pentru camera superioară cofrajele s-au sprijinit pe două rînduri de cintre, la interior şi la exterior, montate din 0,75 în 0,75 m.

VII. Ansamblul de presiune

1. Descrierea lucrărilor

a) *Conducta forţată.* Conducta forţată se compune din două părţi distincte, legate între ele prin casa vanelor, şi anume:

— o galerie forţată, cu o lungime de 106 m, situată între castelul de echilibru şi casa vanelor;

— o conductă forţată metalică, cu o lungime de 940 m, situată între casa vanelor şi centrală.

Galeria forţată are diametrul interior de 1,80 m şi panta longitudinală de 0,94 ‰. Căptuşeala galeriei este constituită dintr-un inel de beton armat cu grosimea variabilă de la 30 la 50 cm şi un inel interior de torcret armat, de 3 cm grosime.

Casa vanelor, în construcţie aeriană, cuprinde două vane fluture cu diametrul de 1,50 m, una cu acţionare manuală şi alta cu acţionare hidraulică, precum şi,

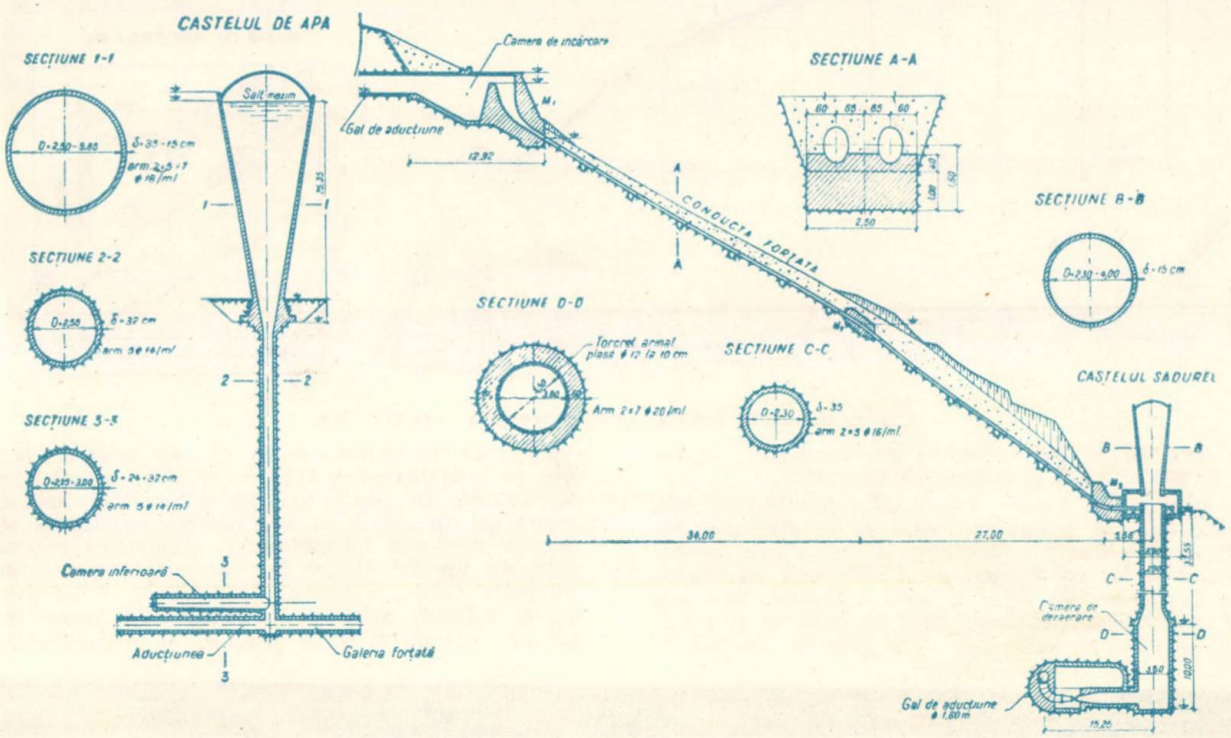


Fig. 8. Castelul de echilibru principal şi castelul Sădurel

3. Indici tehnico-economici

Pentru camera superioară a castelului au rezultat următorii indici:

— săpături (platformă şi fundaţii)		900 m³
— betoane în fundaţii		90 m³
— betoane în pereţi		150 m³
— armături		35 t (145 kg/m³)
— lemnărie în cofraje şi sprijiniri:		
ecarisat	75 m³	
rotund	110 m³	
Total		185 m³
— volumul util al camerei		780 m³
— volum beton/volum apă		1 : 3,25

Pe categorii de lucrări, costurile reprezintă procentual:

— săpături	4%
— betoane	61%
— cofraje	23%
— finisaje	12%
Total	100%

într-o cameră alăturată, mecanismele pentru planul înclinat.

Conducta forţată are un diametru variabil de la 1,50 la 1,20 m. Ancorarea conductei de teren se face prin 10 masive de beton. Între masivele M_1 şi M_7 conducta se sprijină pe un pat continuu de beton. Înclinarea conductei faţă de orizontală fiind mai mică de 26° pe această porţiune, izolarea termică s-a realizat prin acoperirea ei cu un strat de 1 m de pămînt. Între masivele M_7 *şi* M_{10} conducta se sprijină pe nişte socluri de beton dispuse la 12 m distanţă. Pe această porţiune, în lungime de 282 m, cu înclinarea variabilă între 31 şi 41°, izolarea s-a realizat printr-un strat de zgură de 10 cm grosime, învelit cu scînduri cercuite cu inele metalice. În aval de masivele M_7, M_8 şi M_9 conducta este prevăzută cu manşoane de expansiune. Presiunea hidrostatică în conductă variază de la 4,7 at la casa vanelor, la 39,6 at, la intrarea în centrală.

După masivul M_{10} urmează distribuitorul, cu o lungime de 25 m şi diametrul variabil de la 1,20 la 0,80 m.

Greutatea totală a conductei forțate este de 950 tone.

b) *Centrala și stația de transformare.* Platforma pe care sînt situate clădirea centralei și blocul de comandă s-a obținut prin devierea rîului Sadu printr-un tunel de 135 m lungime. Clădirea centralei are lungimea de 31,50 m, lățimea de 12,50 m și înălțimea suprastructurii de 13,30 m. Suprastructura este construită din cadre de beton armat și zidărie de cărămidă.

În centrală sînt dispuse două grupuri de cîte 7 700 kW, formate din cîte o turbină Pelton și un generator trifazat cu ax orizontal. Montarea și demontarea echipamentului se fac cu ajutorul unui pod rulant cu capacitatea de ridicare de 40/10 t, acționat electric. Apa uzinată se evacuează printr-un canal de fugă cu secțiunea dreptunghiulară de 1,60—1,80 m și lungimea de 165 m.

Lîngă sala mașinilor este amplasat blocul de comandă care cuprinde: camera de comandă, podul cablurilor, stația de transformare de 6 kV, laboratoarele, atelierele și celelalte servicii auxiliare. Dimensiunile în plan ale blocului sînt 14,00 x 13,80 m, iar înălțimea celor patru paliere este de 16,00 m.

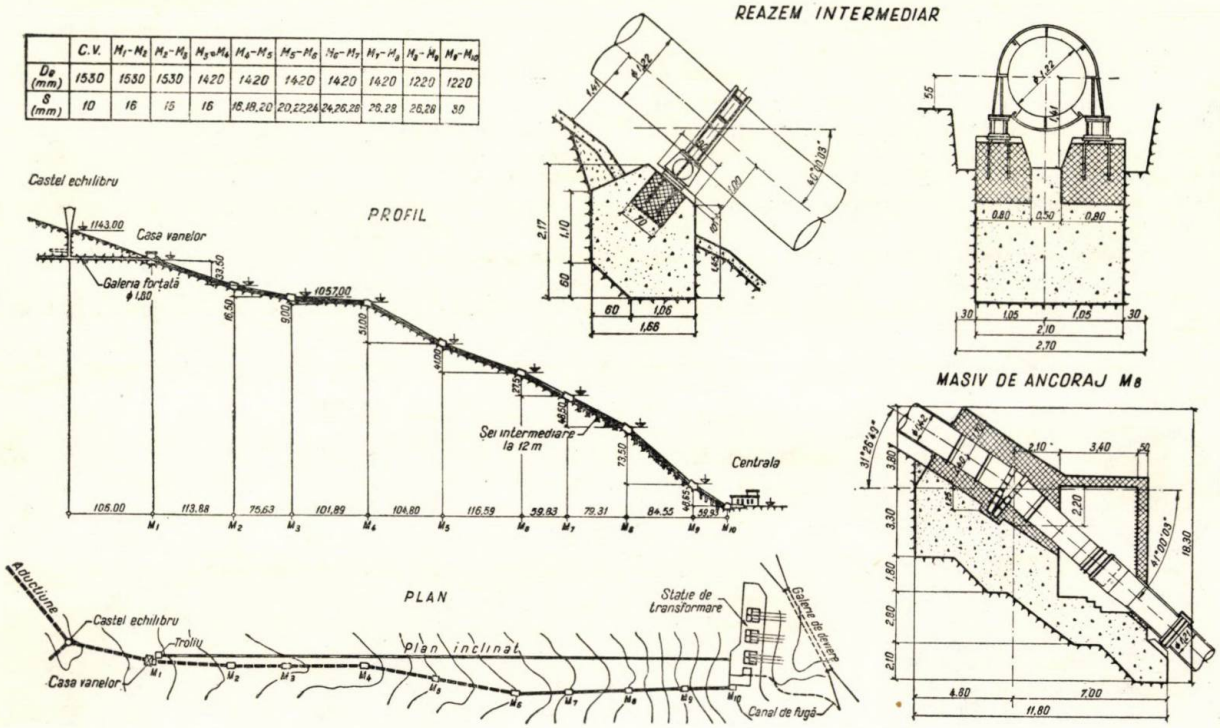


Fig. 9. Conducta forțată: plan și secțiuni caracteristice

Stația de transformare de 60 kV este construită în aer liber pe o platformă de 117,50 x 32,00 m, situată amonte de centrală. Din cauza spațiului redus, stația este concepută de tip „înalt" cu separatoarele instalate pe stîlpi metalici deasupra întreruptoarelor. Acționarea separatoarelor, de tip VV 110, se face cu aer comprimat. Stația are patru celule, și anume: două celule cu transformatoarele trifazate ridicătoare de 10 000 kVA fiecare, celula liniei de plecare de 60 kV și celula cu transformatoarele

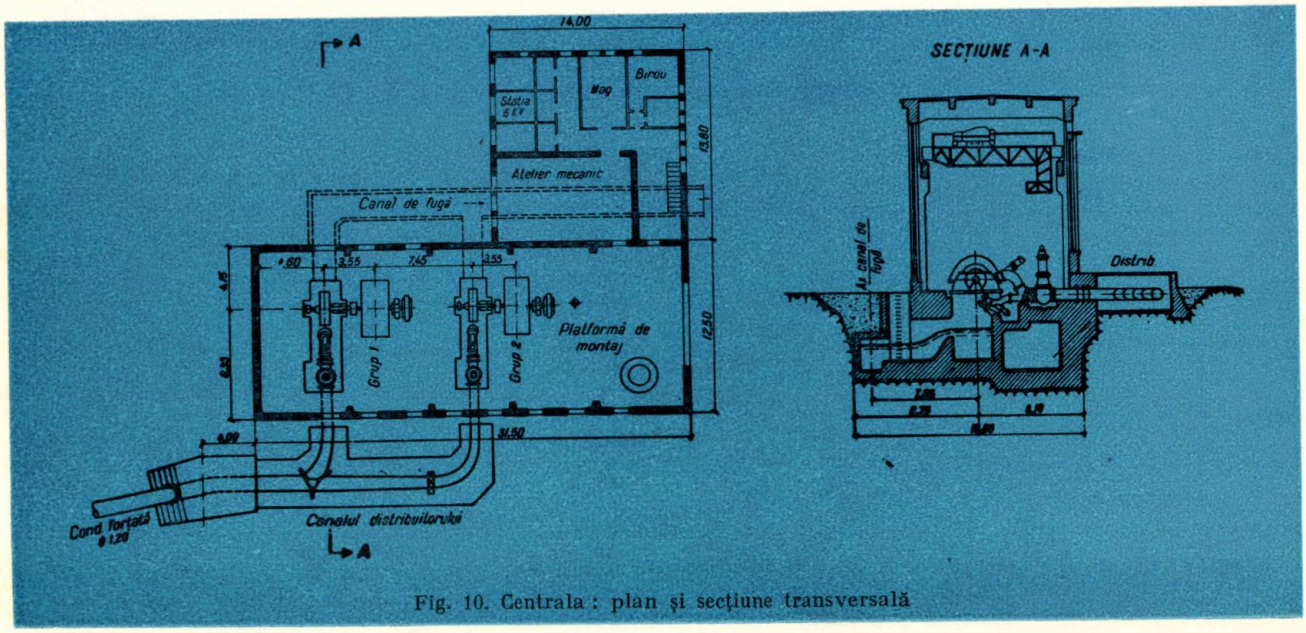


Fig. 10. Centrala: plan și secțiune transversală

de tensiune şi paratrăznete. Revizia şi repararea transformatoarelor se fac pe platforma de montaj şi sala maşinilor.

c) *Locuinţe.* Personalul uzinei este cazat parţial la blocul de intervenţie, prevăzut cu patru apartamente — situat la o distanţă de cca. 100 m de centrală — şi parţial într-un bloc cu 8 apartamente, situat în aval, la o distanţă de circa 1 km.

2. Execuţia lucrărilor

a) *Organizarea generală.* Din cauza diferenţei mari de nivel (circa 400 m) între punctele extreme ale ansamblului de presiune, execuţia a fost organizată pe două şantiere:

— şantierul I, cuprinzînd castelul de echilibru, galeria forţată, casa vanelor şi conducta forţată pînă la masivul M_4;

— şantierul II, cuprinzînd conducta forţată de la masivul M_4 în jos, centrala cu corpul de comandă, staţia de transformare, tunelul de deviere, blocurile de locuinţe.

Aprovizionarea cu materiale a şantierului II s-a făcut în cea mai mare parte cu mijloace auto, pe drumul de acces care ajunge pînă la centrală. În măsură mai redusă s-a folosit şi calea ferată forestieră de pe valea rîului Sadu. Şantierul I s-a aprovizionat pe aceeaşi cale, folosind în plus planul înclinat definitiv cu traseul aproximativ paralel cu conducta forţată.

Alimentarea cu energie electrică s-a făcut prin linia de 15 kV de la uzina Sadu II. Puterea instalată pe şantier a fost de 400 kW. Alimentarea cu apă a fost asigurată din surse locale, prin gravitate.

Cazarea muncitorilor de la şantierul I s-a făcut într-o colonie cu capacitatea de 200 de persoane, amplasată în imediata apropiere a castelului. Muncitorii de la şantierul II au fost cazaţi într-o colonie provizorie, cu o capacitate de 800 de persoane, amplasată la circa 1 km aval de centrală.

Pe fiecare din cele două şantiere s-a instalat cîte o staţie de betonare şi o staţie de compresoare. De asemenea, fiecare şantier a fost dotat cu magaziile, depozitele şi birourile de şantier proprii. În mod suplimentar, la şantierul II s-au construit ateliere de reparaţii şi magaziile centrale ale şantierului.

b) *Şantierul I-Castel.* Sterilul rezultat din partea superioară a conductei s-a evacuat în halde situate pe versant, iar cel rezultat din partea inferioară s-a evacuat într-o haldă situată la 2 km aval de centrală.

Pentru betonarea masivelor de ancoraj şi a soclurilor conductei s-au folosit planuri înclinate provizorii. Pentru partea superioară a conductei betonul s-a adus de la staţia şantierului I, în timp ce pentru partea inferioară s-a adus de la şantierul II al centralei. Betonul a fost fabricat din agregate de concasaj, cu un dozaj mediu de 250 kg ciment/m³ şi un adaos de săpun naftenic de 0,1% din greutatea cimentului.

Pentru montarea virolelor conductei, a căror greutate maximă a fost de 10 tone, s-a utilizat planul înclinat definitiv precum şi o serie de planuri înclinate provizorii.

c) *Şantierul II — Centrala.* Lucrările de pe şantierul II au început prin excavarea tunelului de deviere. După profilarea acestuia la o secţiune redusă, care permitea evacuarea unui debit de 80 m³/s, rîul Sadu s-a deviat prin el, punîndu-se la uscat platforma centralei şi a staţiei de transformare.

Turnarea betoanelor la centrală s-a făcut cu ajutorul unei macarale „pionier" cu o capacitate de ridicare de 500 kg. Ritmul mediu de betonare a fost de 12—15 m³ pe schimb de 10 ore; ritmul maxim atins a fost de 20—22 m³ pe schimb. Betoanele, de marcă B 140 pentru infrastructură şi B 170 pentru suprastructură, s-au fabricat integral din agregate de concasaj.

3. Indici tehnico-economici

Pentru lucrările constructive de la centrală au rezultat următorii indici:

a) cantităţi de lucrări pentru sala maşinilor şi corpul de comandă:

— săpături şi excavaţii în stîncă	4 000 m³
— betoane ciclopeene	1 000 m³
— betoane simple şi armate	2 400 m³
— cofraje diverse	7 500 m²
— armături	155 tone
— zidării de cărămidă	1 000 m³
— izolaţii hidrofuge (fundaţii şi acoperiş)	2 000 m²

b) indici de lucrări numai pentru sala maşinilor (suprafaţa de 380 m²):

— săpături şi excavaţii	8,00 m³/m² sală maşini
— betoane simple şi armate	5,50 m³/m² sală maşini
— zidării	1,20 m³/m² sală maşini
— izolaţii	4,70 m²/m² sală maşini
— cofraje	2,10 m²/m³ beton
— armături	55,00 kg/m³ beton

c) pe categorii de lucrări, costurile reprezintă procentual:

— săpături	5%
— betoane	33%
— zidării	16%
— cofraje	4%
— armături	10%
— izolaţii	8%
— tencuieli, finisaje, instalaţii	24%
Total	100%

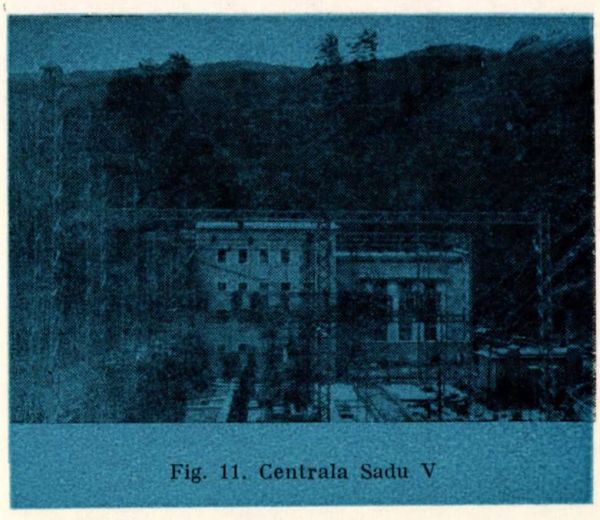


Fig. 11. Centrala Sadu V

VIII. Echipamentul electromecanic

Principalul echipament electromecanic al uzinei Sadu V este:

a) *La baraj:*

— o conductă metalică de golire cu diametrul de 1,00 m şi lungimea de 14,50 m;

— un grătar rar la intrare, cu lumina de 12 cm;

— două vane, cu diametrul de 0,80 m, prima de tip fluture, a doua conică.

Greutatea totală circa 6 tone.

b) *La galeria de golire:*

— două vane plane de 1,50 x 2,00 m, cu mecanismele de acţionare;

— un batardou de 4,00 x 8,50 m, compus din elemente montabile;

— un grătar rar la intrare, cu lumina de 20 cm;

— blindajul metalic în dreptul puţului vanei.

Greutatea totală circa 70 tone.

c) *La priză:*

— un grătar rar, cu lumina de 20 cm şi unul des, cu lumina de 15 cm;

— o mașină de curățat grătarul, inclusiv mecanismul de acționare;

— o vană fluture, cu diametrul de 1,60 m, inclusiv mecanismul de acționare.

Greutatea totală circa 35 tone.

d) *La casa vanelor — castel:*

— două vane fluture, cu diametrul de 1,50 m, prima cu acționare manuală, a doua cu acționare hidraulică:

— ventuza de aerisire, cu diametrul de 0,60 m.

Greutatea totală circa 15 tone.

e) *La centrală:*

Două grupuri compuse din cîte:

— o turbină Pelton cu ax orizontal și două injectoare; puterea turbinei este de 8180 kW la presiunea de 39,8 at, la debitul de 2,45 m³/s și turația de 500 rot/min; randamentul maxim 0,88, iar la plină sarcină 0,856;

— un regulator de putere și turație automat, cu instalațiile de ulei sub presiune și accesorii;

— o vană plană de admisie, cu diametrul de 0,75 m, acționată hidraulic;

— un generator orizontal sincron, trifazat, cu puterea de 9 600 kVA la $\cos\varphi = 0{,}8$, tensiunea de 6,3 kV și turația de 500 rot/min, inclusiv accesoriile, greutatea este de 63,5 tone;

— un pod rulant cu puterea de ridicare 40/10 tone, cu echipamentul electric de comandă.

Greutatea totală circa 250 tone.

f) *La stația de transformare:*

— două transformatoare în ulei de 10 000 kVA, inclusiv instalațiile de ulei și răcire;

— două întreruptoare cu aer comprimat pentru 60 kW;

— 11 separatoare tripolare cu acționare manuală pentru 60 kV;

— trei separatoare monopolare cu acționare manuală;

— 13 reductoare de intensitate de tip exterior;

— șase paratoneri catodici.

Greutatea totală, inclusiv stîlpii metalici, circa 140 t.

IX. Costul lucrărilor

Pe obiecte, costul uzinei Sadu V se repartizează după cum urmează:

— barajul (inclusiv galeria de golire și batardoul)	19%
— aducțiunea principală (inclusiv priza)	19%
— castelul de echilibru (inclusiv galeria forțată)	2%
— conducta forțată (inclusiv casa vanelor)	6%
— centrala (inclusiv construcțiile anexe)	14%
— stația de transformare	3,5%
— captările secundare	6,5%
— lucrările auxiliare (inclusiv coloniile)	13%
— cheltuieli diverse (drumuri, telefonie etc.)	12%
— studii pe teren și proiectare	5%
Total	100%

Uzina hidroelectrică Moroeni

Dr. ing. Cristea MATEESCU și ing. Mircea SIPICEANU

I. Introducere

Studiile privind folosirea apelor rîului Ialomița în scopuri energetice au arătat condițiile avantajoase pe care le oferă amenajarea bazinului superior al acestui rîu. Prima treaptă amenajată din acest bazin a constituit-o uzina Dobrești, terminată în anul 1930.

Lucrările de studii și cercetări pentru realizarea uzinei hidroelectrice Moroeni, care constituie a doua treaptă amenajată, au fost începute de Întreprinderea Regională de Electricitate București — IREB și continuate de Institutul de Studii și Proiectări Energetice — ISPE.

La întocmirea documentațiilor pentru realizarea uzinei, țara noastră a primit un ajutor tehnic important din partea Uniunii Sovietice, prin specialiști hidrotehnicieni și prin unele proiecte întocmite de institutele de specialitate din U.R.S.S. De asemenea, echipamentul electromecanic necesar uzinei a fost importat din Uniunea Sovietică, cu excepția unor construcții metalice și mecanisme de la captare, uzinate în țară la uzinele Mao-Tze-Dun și Wilhelm Pieck - Brăila.

Scopul realizării acestei lucrări a fost alimentarea cu energie electrică de vîrf a sistemului energetic Muntenia.

Amenajarea uzinei Moroeni pe valea Ialomiței constituie prima lucrare hidroenergetică realizată în țara noastră în anii regimului de democrație populară.

Potențialul hidroenergetic al rîului Ialomița variază în limite foarte mari, datorită pantei naturale foarte variate. Astfel, în regiunea superioară, pe sectorul Scropoasa-Dobrești, se obține o putere specifică de 2 000 kW/km, urmată de sectorul Dobrești-Gîlma, cu 1 600 kW/km. In amonte de Cheile Tătarului puterea specifică scade sub 300 kW/km, pentru ca în zona Bolboci-Scropoasa să crească iarăși la 1 250 kW/km.

In regiunea de dealuri potențialul hidroenergetic scade pînă la 650 kW/km, iar în zona Tîrgoviște la aprox. 200 kW/km.

Uzina Moroeni folosește potențialul hidroenergetic al rîului pe sectorul cuprins între canalul de fugă al uzinei Dobrești și Valea Gîlma, unde panta rîului este în medie de 48‰, iar căderea amenajată de 233 m. Puterea instalată obținută prin această uzină este de 15 MW.

Uzinele Dobrești și Moroeni funcționează în paralel, alimentînd cu energie electrică de vîrf sistemul interconectat al țării.

II. Caracteristicile principale ale Uzinei Moroeni

1. **Caracteristici hidroenergetice.** Uzina Moroeni dispune de *un bazin de recepție* de 158,5 km², format din bazinul Ialomiței și Brăteiului la confluența lor de la Dobrești și din bazinele captărilor secundare Răteiu și Raciu, care suplimentează bazinul Dobrești cu încă 27 km².

Debitul modul captat este de $Qm = 4{,}1$ m³/s, rezultat din debitele Ialomiței și Brăteiului la confluență de 3,50 m³/s și din aportul afluenților din aval, Răteiul și Raciu, de 0,22 m³/s, respectiv 0,35 m³/s.

Debitul specific corespunzător este de $q_m = 25{,}40$ l/s/km², *Debitele maxime catastrofale* pentru frecvențele 1% și 0,1% au fost aproximate la 255 m³/s, respectiv 348 m³/s pentru amplasamentul uzinei Moroeni.

Debitele solide ale Ialomiței transportate anual sînt în medie de 270 m³ de aluviuni pe km² de bazin de recepție. Acest transport se face în timpul apelor mari, în special pe o perioadă de 60—90 zile pe an.

Debitul instalat de 8,5 m³/s s-a stabilit ținîndu-se seama de regimul de funcționare al UHE Moroeni, analog cu cel al uzinei Dobrești, fiind asigurat pentru o perioadă de aprox. 50 zile pe an. Coeficientul de suprainstalare al uzinei Moroeni este de $n = 2{,}08$.

Căderea brută amenajată prin construcția uzinei Moroeni este de 233,20 m și reprezintă diferența de nivel dintre cota de retenție a bazinului de compensare de la Dobrești și cota de restituție a apei în canalul de fugă al uzinei Moroeni. Stabilirea căderii a fost condiționată în amonte de nivelul normal al apei în canalul de fugă al uzinei Dobrești, iar în aval, de posibilitățile și natura terenului, pentru construcția nodului de presiune.

Alegerea amplasamentului Gîlma, pentru concentrarea acestei căderi importante și desfășurarea pe teren a clădirii uzinei și stației de transformare de 110 kV, s-a făcut pe baza condițiilor topografo-geologice necesare pentru realizarea acestor lucrări. În aval de acest amplasament, panta rîului scade brusc de la 48‰ la 20‰, iar configurația terenului nu permitea un traseu corespunzător conductei forțate și spațiul necesar pentru construcția uzinei.

Studiile efectuate pentru amplasarea uzinei la confluența Ialomicioarei au prezentat indici nefavorabili, deoarece pentru obținerea unei căderi suplimentare de cca. 60 m, erau necesare lungirea galeriei de aducțiune cu aprox. 3 km și o conductă forțată foarte lungă, în condiții geologice nesigure.

Căderea netă, ținîndu-se seama de toate pierderile de sarcină de la captarea apei și pînă la restituția sa în rîu, este de 206,72 m, respectiv 222,98 m în cazul funcționării uzinei cu ambele agregate sau numai cu unul singur.

Uzina are o putere instalată de 15 300 kW, asigurată de două grupuri turbogeneratoare de tipul Pelton, cu ax vertical.

Producția de energie electrică în anul mediu este de 59 mil. kWh.

Din capacitatea de energie electrică anuală produsă, energia de iarnă reprezintă un procent de 40% sau 24 mil. kWh.

Numărul orelor de utilizare corespunzătoare puterii instalate și producției de 59 mil. kWh energie electrică este de aprox. 3900 ore/an ceea ce arată o funcționare în general de semivîrf a acestei instalații.

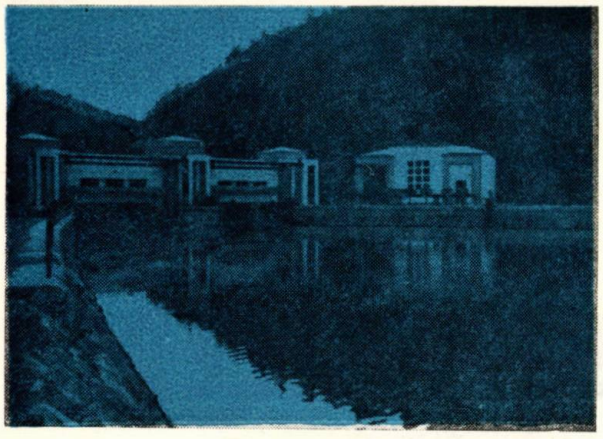


Fig. 1 Barajul şi priza Uzinei Moroeni

2. **Caracteristici geologice.** Pentru stabilirea caracteristicilor geologice s-au executat studii de teren sistematice, constînd din galerii de cercetare, puţuri, foraje, cît şi studii de laborator, pentru materialele de construcţii şi precizarea coeficienţilor geotehnici. Studiile au arătat că în regiunea Ialomiţei, între Dobreşti şi Gîlma, sînt prezente aceleaşi formaţiuni geologice din bazinul Ialomiţei superioare, respectiv şisturile cristaline, calcarele tithonice, conglomeratele şi gresiile cretacice.

Şisturile cristaline constituie substratul întregii regiuni, întîlnindu-se mai frecvent pe malul drept al sectorului, decît pe malul stîng unde ivirile de cristalin sînt mai puţine, coborîndu-se sub straturile sedimentare. Aceste şisturi cloritoase verzi, cu textura lamelară sau solzoasă, au numeroase intercalaţii de cuarţ. Ele sînt în general roci friabile, puţin dure, săpîndu-se uşor şi aproape impermeabile. Datorită acestor proprietăţi nu au putut fi folosite ca piatră de construcţie sau ca agregat pentru betoane.

Calcarele tithonice se suprapun peste şisturile cristaline în cîteva zone izolate, ca Cheile Răteiului, vîrful Răteiu, vîrful Brînduşei şi confluenţa cu valea Gîlmei. Aceste roci sînt dure, compacte, puţin alterabile şi de culoare alb-gălbuie. Ele au constituit un bun material de construcţie, fie ca piatră fasonată pentru zidării, fie ca agregate de concasaj pentru fabricarea betoanelor.

Conglomeratele şi gresiile cretacice se suprapun peste şisturile cristaline uneori direct, alteori prin intermediul calcarelor jurasice. Aceste formaţiuni constituie părţile superioare ale munţilor Raciu, Piscul cu Brazi şi Gîlma, cît şi tranşeea conductei forţate.

Conglomeratele cretacice sînt de culoare alburie, galbenă, cu un liant în general calcaros, formate din blocuri mari şi mici de şisturi cristaline şi roci sedimentare. Aceste conglomerate sînt mai dure, compacte, puţin alterabile şi în general impermeabile. Folosirea lor ca materiale de construcţii nu a fost posibilă datorită conţinutului provenit din şisturi cristaline.

In timpul execuţiei s-au urmărit caracteristicile rocilor străbătute, făcîndu-se pentru prima oară la noi în ţară încercări asupra deformaţiilor şi permeabilităţii rocilor.

III. Descrierea instalaţiilor uzinei

Schema uzinei Moroeni constă dintr-o captare pe firul apei, o galerie de derivaţie sub presiune, o conductă forţată şi o centrală aeriană.

1. **Captarea** s-a realizat printr-un baraj cu stavile mobile, cu o înălţime de cca. 10 m de la talveg, care permite derivarea apelor Ialomiţei şi Brăteiului şi realizarea unui bazin de compensare orară cu o capacitate brută de 37 500 m³ şi utilă de 30 000 m³ de apă.

Barajul este o construcţie de beton armat, formată din două culei şi o pilă intermediară, cu o carcasă

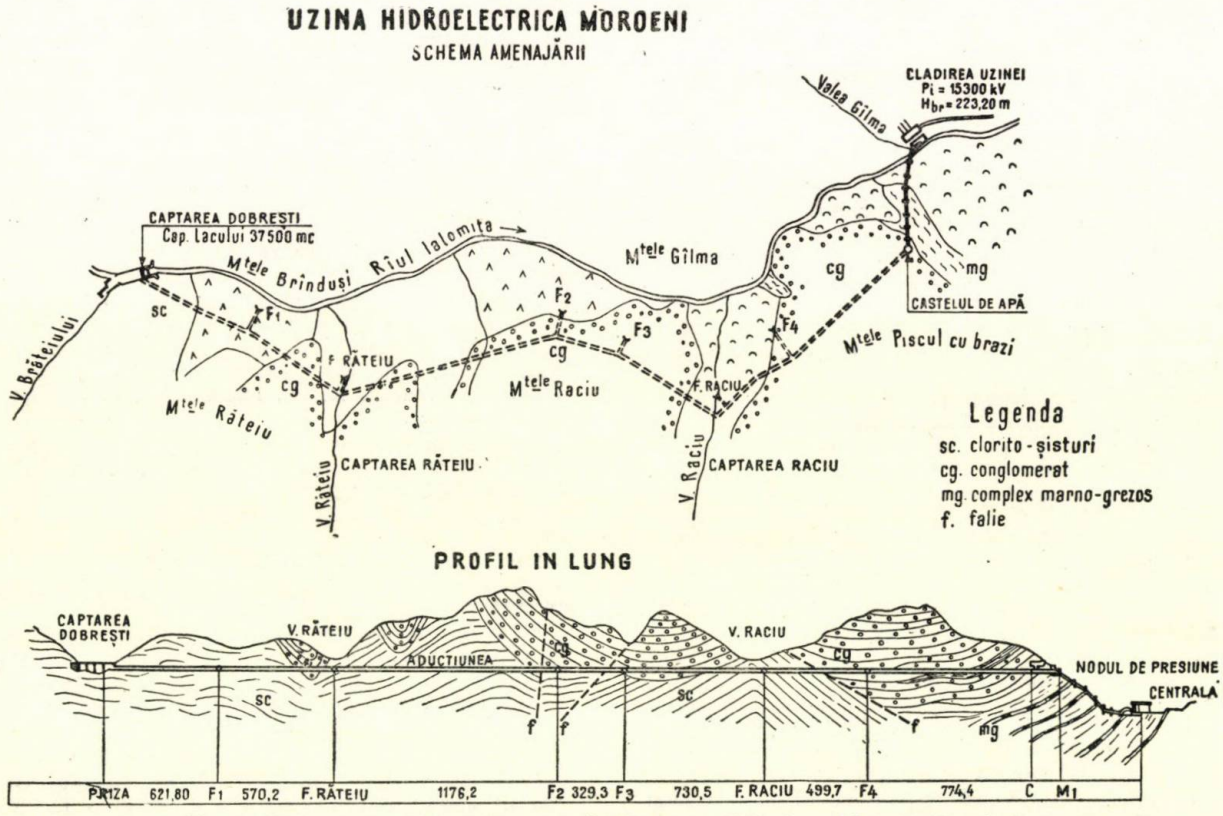


Fig. 2. Uzina hidroelectrică Moroeni. Schiţa amenajării şi profil în lung geologic.

frontală de beton, echipat la partea inferioară cu două stavile plane de dimensiunile 9,0×2,50 m, iar la partea superioară cu două clapete automate de 9,0×1,0 m. El este amplasat la 105 m aval de confluența Ialomiței cu Brăteiul.

Clapetele asigură un nivel constant în bazinul de compensare, impus de funcționarea normală a uzinei Dobrești, iar stavilele asigură spălarea aluviunilor și evacuarea debitelor catastrofale. Etanșeitatea cuvetei este asigurată de către șisturile cristaline, care sînt practic impermeabile, totuși pentru evitarea infiltrațiilor în aval de baraj în zona de dislocări s-a construit pe malul stîng un ecran de beton armat, iar pe malul drept un zid de închidere, care face parte din priza de apă.

conducta de racord este defectă sau cînd debitul uzinat este mai mare decît cel admis de uzina Moroeni.

Legătura se face printr-o conductă de racord de beton armat în lungime de 158,8 m, cu un diametru interior de 2,40 m.

Funcționarea normală a uzinei Moroeni se face prin acest bazin și priza de apă curată, cu folosirea debitului

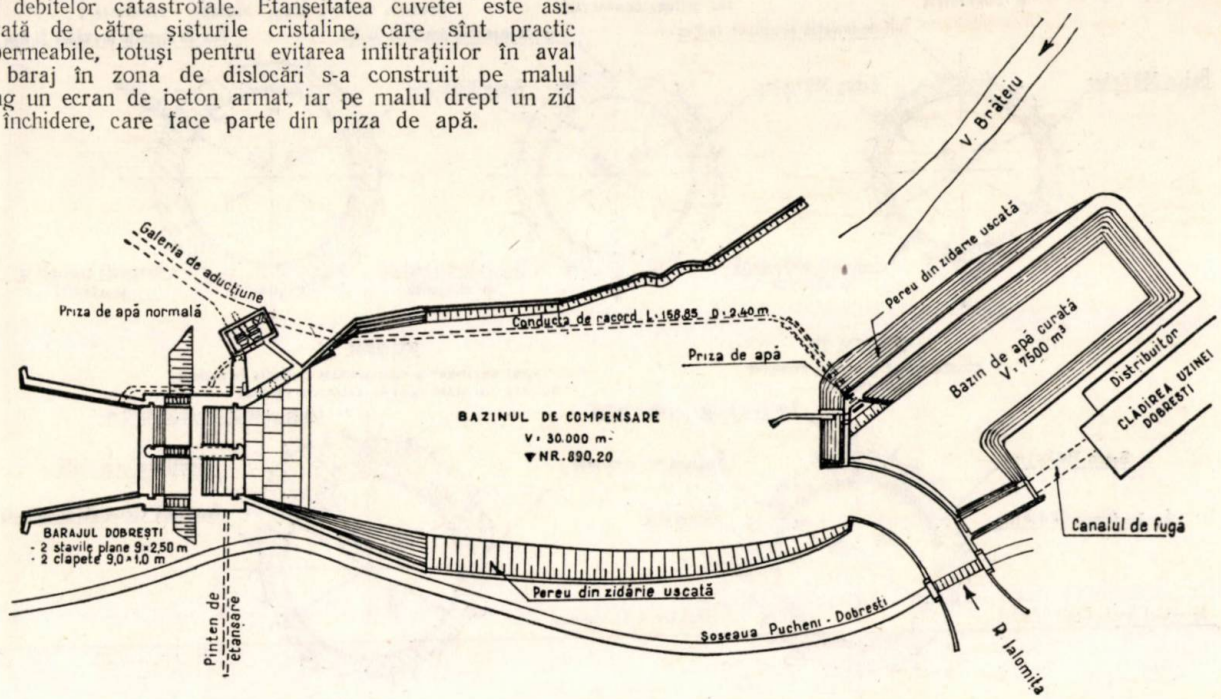


Fig. 3. Captarea Uzinei hidroelectrice Moroeni.

Priza de apă normală amplasată pe malul drept al Ialomiței, lîngă baraj, are o lățime de 15,20 m, separată prin 4 pile intermediare.

Admisia apei din camera de apă în galeria de aducțiune se face prin două galerii, fiecare fiind prevăzută în amonte cu un batardou și un grătar des de tipul coș, un by-pass și o vană plană de admisie. Manevrarea

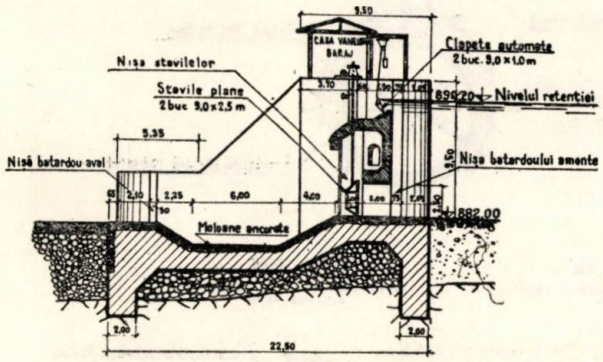


Fig. 4. Barajul captării Dobrești.

acestui utilaj se face prin servomotoare sau manual, cu ajutorul instalațiilor de comandă și acționare, din casa vanelor prizei.

Bazinul de apă curată, amplasat între clădirea centralei Dobrești și rîul Brăteiu, cu o capacitate de 7 500 m³, primește apa direct din canalul de fugă Dobrești și o conduce spre galeria de aducțiune.

Bazinul este prevăzut cu un deversor care asigură evacuarea debitului primit de la uzina Dobrești, cînd

de apă dat de uzina Dobrești și completarea pînă la debitul instalat de 8,5 m³/s, din bazinul de compensare prin priza de apă normală.

Captarea secundară Răteiu constă dintr-o priză de tip tirolez, pentru derivarea unui debit maxim de 0,4 m³/s. Este prevăzută cu un bazin de denisipare tip Dufour, în lungime de 10 m și un puț-deversor vertical de racord cu galeria de aducțiune.

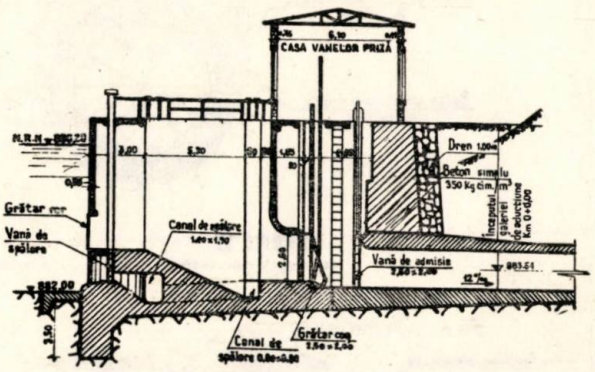


Fig. 5. Priza de apă.

Captarea secundară Raciu s-a realizat dintr-o priză asemănătoare celei de la Răteiu, pentru derivarea unui debit maxim de 0,8 m³/s. Cuprinde un bazin de denisipare de 15 m lungime și o conductă metalică cu lungimea de 249 m și diametrul de 0,45—0,65 m.

Cotele de reținere ale captărilor secundare fiind superioare cotei de retenție de la captarea principală Dobrești

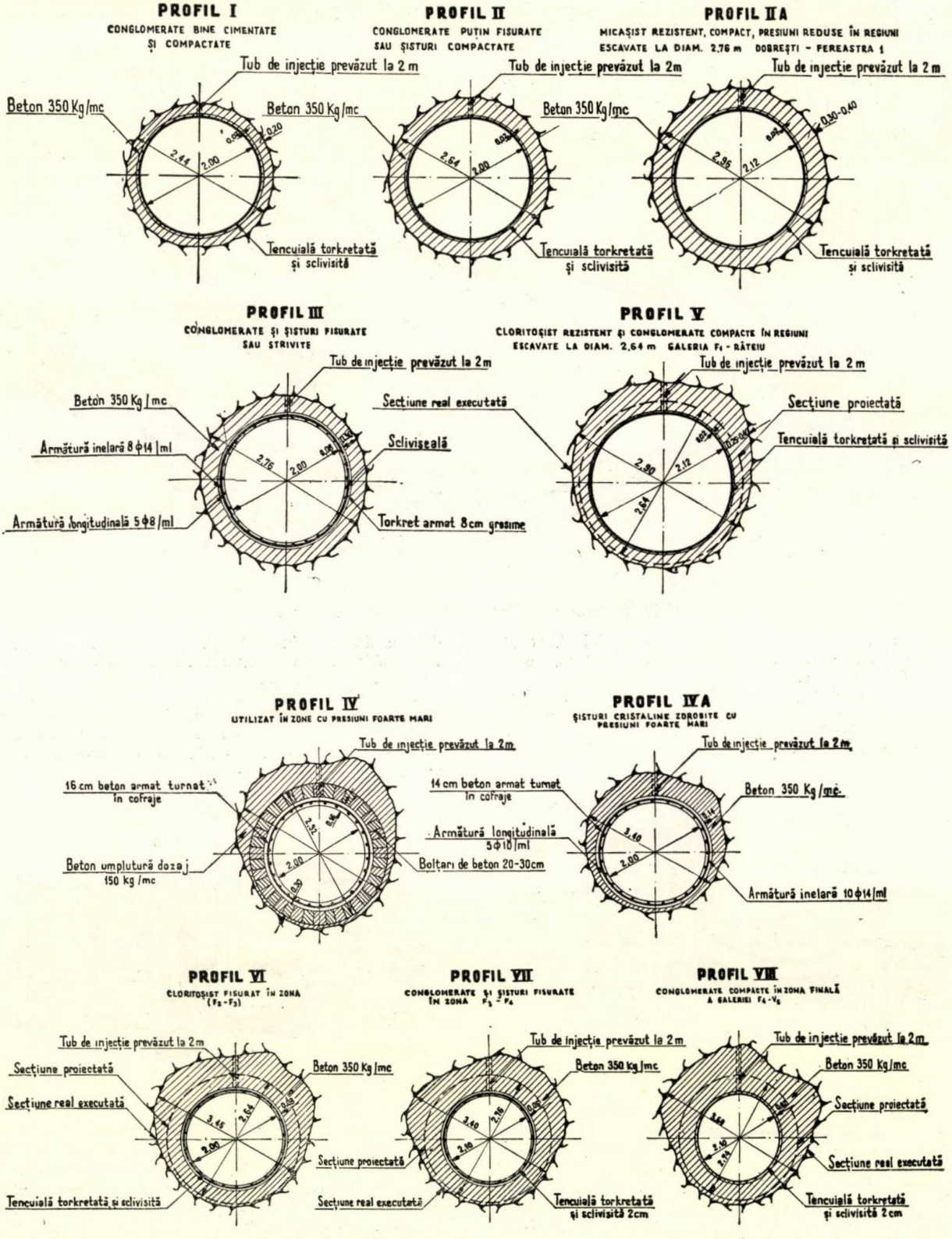


Fig. 6 și fig. 7. Profile de excavație și betonare la galeria de aducțiune.

permit ca în timpul nefuncționării uzinei Moroeni debitele captate să fie acumulate prin galeria de aducțiune în bazinul de compensație.

Racordarea la galeria de aducțiune se face printr-un puț înclinat de beton armat (Suitorul Raciu).

2. **Aducțiunea** este de tipul subteran sub presiune, traseul său urmărind malul drept al rîului Ialomița pe o lungime de 4763 m. Secțiunea circulară a galeriei, cu diametrul interior de cca. 2,00 m, este capabilă să transporte debitul instalat de 8,5 m³/s, cu viteză de 2,70 m/s. Pe porțiunea de galerie cuprinsă între racordul cu captarea Raciu și castelul de echilibru, diametrul s-a mărit la 2,10 m, ținîndu-se seama de suplimentul de debit și reducerea pierderilor de sarcină. Presiunea apei în galerie variază între 8 m coloană de apă la baraj și 32 m la castel, iar panta longitudinală între 2,0—3,75‰.

Traseul galeriei de aducțiune s-a stabilit ținînd seama de geologia străbătută, de lungimea minimă a ferestrelor de atac și de traversarea subterană la mică adîncime a văilor Raciu și Răteiu.

Ferestrele de atac, în număr de 6, au determinat tronsoanele de galerie, cel mai lung fiind de 1176 m, cuprins între F-Răteiu și F_2, iar celelalte avînd lungimea de la 330 m (F_2—F_3) la 730 m (F_3—Raciu).

3. **Castelul de echilibru** este de tipul diferențial, în întregime subteran, format dintr-o cameră superioară de 30,25 m lungime și 30 m² secțiune interioară, o cameră inferioară circulară în lungime de 39 m și 3,85 m diametru și un puț vertical cu diametrul interior de 2,30 m. Acest puț vertical se continuă în camera superioară cu un deversor circular de beton armat de aprox. 4,20 m înălțime.

Condițiile geologice și presiunea de lucru $p = 3{,}5$ atm au condus la realizarea unei cămășuieli de beton simplu de 30 cm grosime, completată cu un torcret armat, sclivisit la interior, de 6 cm grosime. Legătura cu casa vanelor este făcută printr-o galerie în lungime de 45,20 m, cu diametrul de 2,30 m și o cămășuială de beton armat de 50—60 cm grosime.

4. **Casa vanelor** amplasată pe masivul Piscul cu Brazi este echipată cu două vane fluture avînd $D = 1775$ mm, din care una automată acționată electric, iar cealaltă manuală.

5. **Conducta forțată** într-un singur fir are o lungime de 548,20 m și un diametru variind între 1,844 m la casa vanelor și 1,498 m la distribuitor. Ea este așezată într-o tranșee deschisă, de 4,80 m lățime, săpată în alternanțe de gresii și marne cu intercalații de conglomerate.

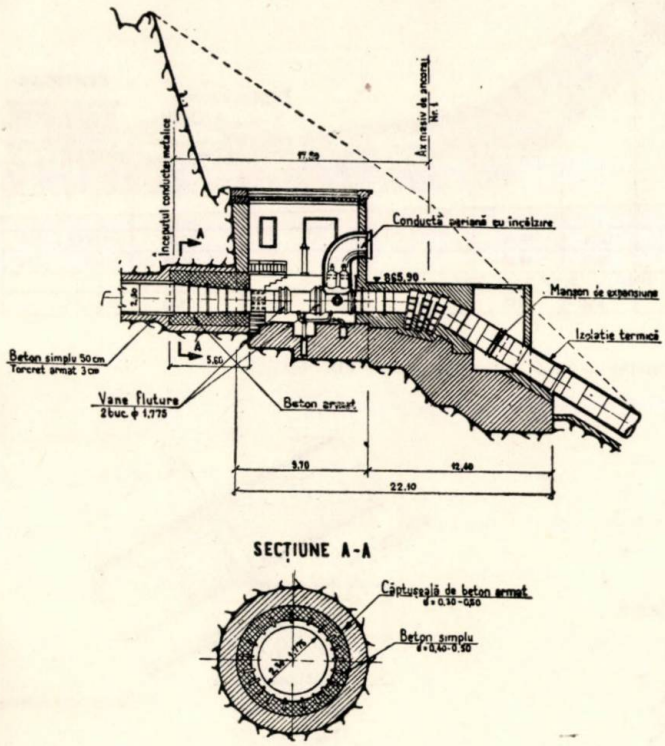


Fig. 8 Casa vanelor.

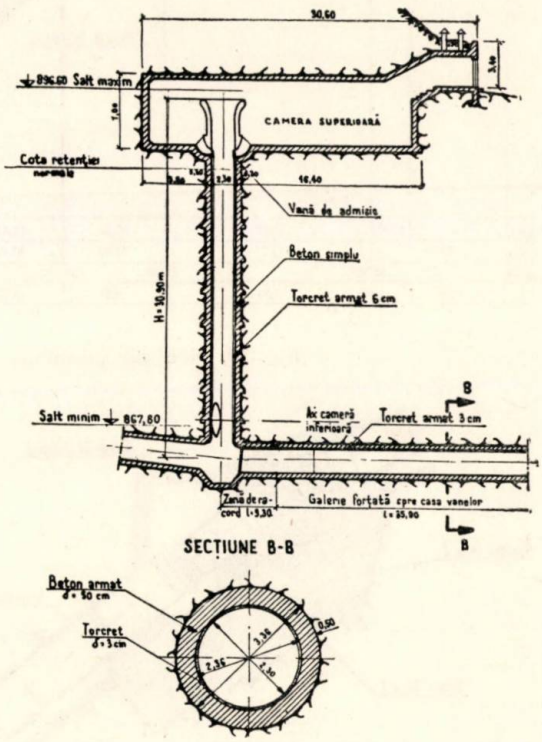


Fig. 9. Castelul de echilibru.

Pierderile de sarcină, apreciate după proiectare la 13,67—16,24 m pentru debite între 7,0 și 8,5 m³/s și o rugozitate medie $n = 0{,}015$, sînt în realitate mai mici datorită execuției îngrijite a galeriei și obținerii unui coeficient de rugozitate medie de $n = 0{,}011$.

In raport cu caracteristicile geologice ale rocilor străbătute, s-au folosit la betonarea galeriei cca. 8 profile tip de cămășuială, cu grosimi de beton între 30 și 50 cm și torcret simplu sau armat de 2—3 cm, respectiv 6—8 cm.

Profilul geologic al galeriei de aducțiune, efectuat după terminarea galeriei, a arătat traversarea de 7 ori a șisturilor cristaline, de 12 ori a conglomeratelor și de 5 ori a marno-gresiilor, cu treceri graduale de la alterarea superficială la alterarea totală a rocilor.

Grosimea mare a deluviului de la baza versantului a impus adoptarea la execuție a unui unghi în plan orizontal spre aval și traversarea aeriană peste Ialomița, printr-un arc cu deschiderea de 42,8 m și 8,23 m săgeată. Masivele pentru ancorajul conductei forțate sînt în număr de 9, ele marcînd schimbarea de pantă în profilul în lung, în afară de masivele 7 și 8, care constituie încastrările conductei în arc pentru traversarea Ialomiței.

Fundațiile acestor masive s-au realizat în trepte din beton simplu marca B 110, alcătuind faza I-a de betonare. Intre masivele de ancoraj conducta reazemă pe 31 șei de beton, cu dimensiunile 2,0×2,60 m, așezate la distanță de 13—15 m.

Conducta a fost izolată termo- şi hidrofug printr-un strat de zgură de 12 cm, închis în jurul tolei conductei cu rame de lemn, acoperite la suprafaţă cu straturi de bitum şi carton.

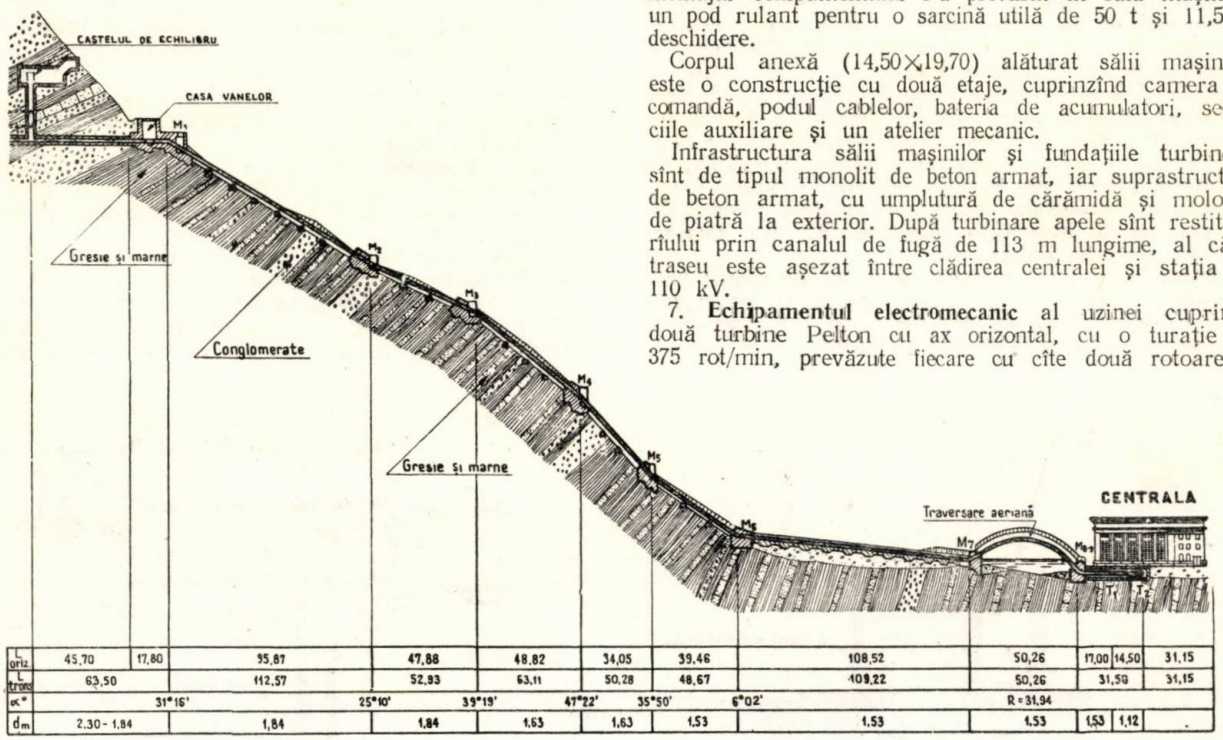
Paralel cu traseul conductei forţate — la 6 m de ax — pe partea dreaptă a fost prevăzut un plan înclinat cu şina normală tip 32, iar pe partea stîngă o scară de serviciu de 75 cm şi o rigolă pentru scurgerea apelor.

6. **Centrala** este amplasată pe malul stîng al Ialomiţei, pe o platformă realizată în excavaţie. Ea cuprinde sala maşinilor, camera de comandă, serviciile interne şi auxiliare, staţia de 6 kV, camera de acumulatori etc. Sala maşinilor cu dimensiunile: 35,5 m lungime, 13,4 m lăţime şi 9,0 m înălţime utilă, permite aşezarea a două grupuri electrogene, spaţiul de montaj şi revizie, precum şi cel necesar decuvării transformatoarelor. Pentru revizia şi montajul echipamentului s-a prevăzut în sala maşinilor un pod rulant pentru o sarcină utilă de 50 t şi 11,5 m deschidere.

Corpul anexă (14,50×19,70) alăturat sălii maşinilor este o construcţie cu două etaje, cuprinzînd camera de comandă, podul cablelor, bateria de acumulatori, serviciile auxiliare şi un atelier mecanic.

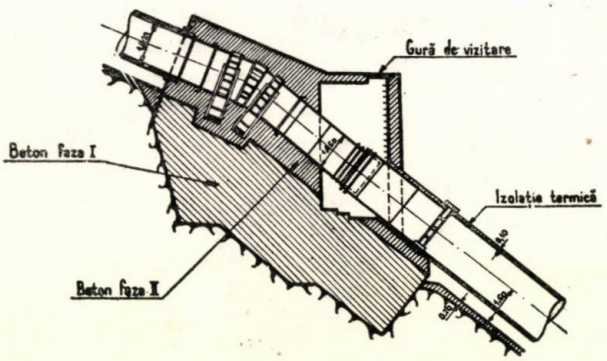
Infrastructura sălii maşinilor şi fundaţiile turbinelor sînt de tipul monolit de beton armat, iar suprastructura de beton armat, cu umplutură de cărămidă şi moloane de piatră la exterior. După turbinare apele sînt restituite rîului prin canalul de fugă de 113 m lungime, al cărui traseu este aşezat între clădirea centralei şi staţia de 110 kV.

7. **Echipamentul electromecanic** al uzinei cuprinde două turbine Pelton cu ax orizontal, cu o turaţie de 375 rot/min, prevăzute fiecare cu cîte două rotoare şi



L orizontală	45,70	17,80	95,87	47,88	48,82	34,05	39,46	108,52	50,26	17,00	14,50	31,15
L transversală	63,50		112,57	52,93	63,11	50,28	48,67	109,22	50,26	31,50		31,15
α°		31°16'		25°10'	39°19'	47°22'	35°50'	6°02'	R = 31,94			
dm	2,30 - 1,84		1,84	1,84	1,63	1,63	1,53	1,53	1,53	1,53	1,12	

Fig. 10. Nod de presiune: castel — casa vanelor. Conducta forţată.



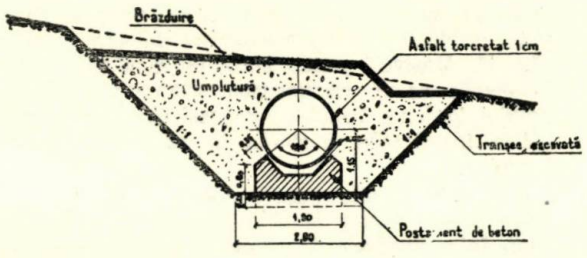
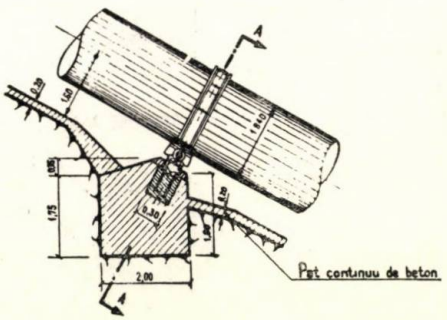


Fig. 11. Masiv de ancoraj şi manşon de expansiune



SECŢIUNE A-A

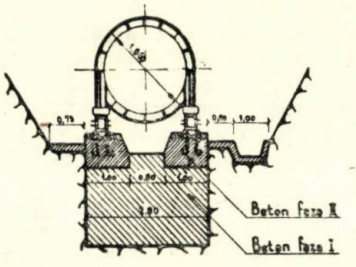


Fig. 12. Suport intermediar.

două injectoare, cuplate direct cu generatoare trifazate de 9400 kVA.

Puterea nominală a unei turbine, funcționînd singură la plină sarcină, este de $P = 8\,250—8\,540$ kW pentru un debit maxim de $Q = 4{,}40$ m³/s și un randament al turbinelor de $\eta_t = 85{,}3—87{,}5\%$.

Puterea maximă ce poate fi produsă la bornele generatoarelor cu ambele turbine în funcțiune este cuprinsă între 14 900 și 15 300 kW.

Turbinele sînt echipate cu regulatoare automate duble pentru acționarea injectoarelor și deflectoarelor și cu vane plane acționate hidraulic.

Generatoarele trifazate sînt legate bloc cu două transformatoare aeriene de 6/35/110 kV și 10 000 kVA, care se racordează la stația exterioară de 110 kV, prevăzute cu bare duble colectoare, cu 5 plecări în linii, cu celulă de cuplă, măsură și descărcătoare catodice.

Instalațiile electrice s-au executat în general în clădire, cu excepția stației de 110 kV de tipul semiînalt, care s-a amenajat pe trei platforme. Astfel, pe prima platformă s-au montat transformatoarele, pe o a doua barele colectoare, iar pe platforma superioară echipamentul plecărilor în linii.

Întregul aparataj electric al stației, inclusiv întreruptoarele este montat pe stîlpi și cadre de beton armat prefabricate și pe stelaje metalice.

Schema electrică de 6 kV prevede alimentarea de la fiecare generator a transformatoarelor de servicii interne de 180 kVA—6/0,4 kV. Barele de 380/220 V sînt împărțite în 3 secțiuni, cea de-a treia fiind alimentată de un al treilea transformator de 180 kVA, racordat la linia de 15 kV, ce primește energie de la uzina Dobrești.

Serviciile proprii de curent continuu din uzină sînt alimentate de o baterie de acumulatoare de 220 V, funcționînd în sistemul de alimentare permanentă.

Majoritatea instalațiilor electromecanice sînt automatizate, ceea ce asigură funcționarea în condiții optime a agregatelor.

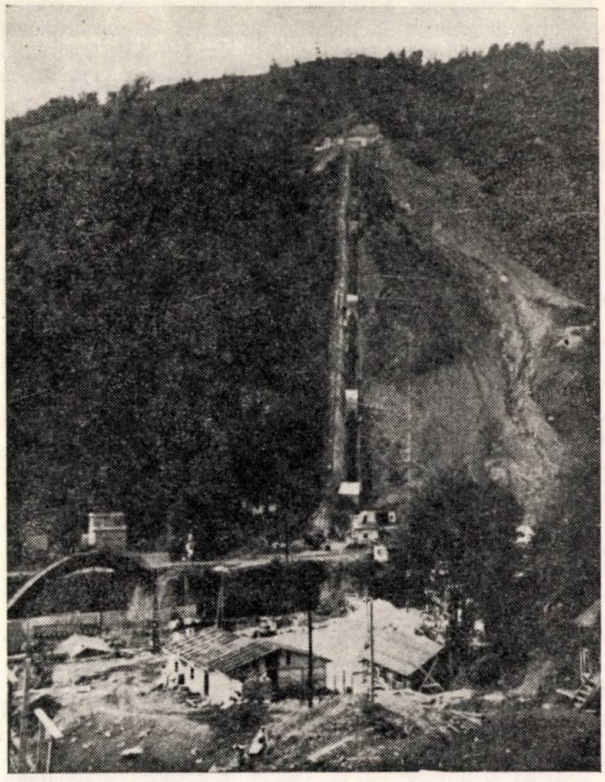


Fig. 13. Ansamblul nodului de presiune: casa vanelor, conducta forțată și traversarea Ialomiței la Gîlma

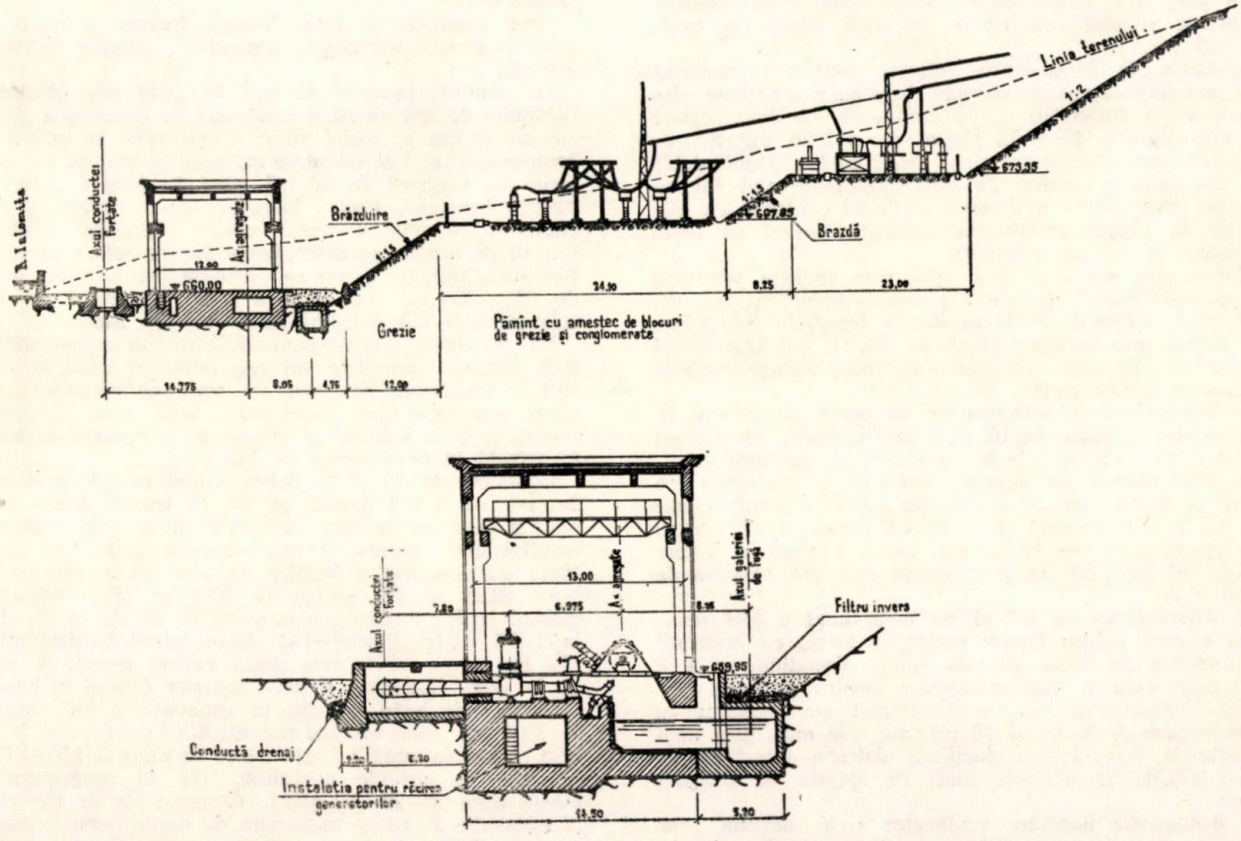


Fig. 14. Clădirea centralei și stația de transformare de 110 kV

Dintre instalațiile auxiliare ale uzinei se menționează: instalația de punere la pămînt, instalația de paratrăznete cu tija montată pe cadrele stației de 110 kV, instalația de compresoare 40 atm, instalația de telefonie prin înaltă frecvență etc.

Exploatarea uzinei este ajutată de un laborator electric, un atelier mecanic și o gospodărie de ulei necesară decuvării transformatoarelor.

IV. Organizarea șantierului

Lucrările șantierului Moroeni, întinse pe un traseu de 5 km, s-au împărțit în trei sectoare importante, după natura și volumul lucrărilor ce trebuia să fie realizat.

Astfel, s-au creat următoarele sectoare de lucru: barajul, cuprinzînd captarea principală Dobrești și lucrările anexe pînă la fereastra F_1; galeria de aducțiune — (sectorul Răteiu) cuprinzînd derivația și captările secundare; și nodul de presiune (sectorul Gîlma) — cu lucrările de la castelul de echilibru la stația de 110 kV inclusiv.

1. **Lucrările provizorii centrale** au fost realizate la începutul construcției, fiind legate de organizarea generală a șantierului, iar mai tîrziu s-au executat lucrările auxiliare necesare desfășurării subansamblelor de lucrări.

In total au fost executate pentru șantier 210 construcții, cu o suprafață totală de 12 100 m², pentru următoarele folosințe:

a) Construcții provizorii centrale cu o suprafață de 4 260 m² — formate din magazii, ateliere, birouri, laboratoare etc.

b) Construcții pentru cazarea muncitorilor — cuprinzînd 73 de construcții cu suprafața de 5 600 m².

c) Un rol deosebit l-a avut construcția de la început a coloniei definitive de la Gîlma, necesară personalului de exploatare al uzinei, cu o suprafață clădită de 3 150 m².

Majoritatea construcțiilor provizorii s-au realizat din schelet de lemn și căptușeală de stufit.

d) De asemenea, pentru adăpostirea și depozitarea unei părți din echipamentul electromecanic s-au construit șoproane și platforme cu o suprafață totală construită de 900 m².

2. **Căile de comunicație** folosite pentru transportul de materiale au fost șoselele învecinate existente. Intrucît valea Ialomiței, de la confluența cu Ialomicioara în amonte, era deservită numai de o linie îngustă, au fost necesare amenajarea unui drum pentru bandă dublă de circulație și construcția unui pod peste rîul Ialomicioara. Acest drum a deservit șantierul „Gîlma" cu materiale în timpul construcției, ulterior folosind ca acces la uzină și colonia definitivă.

Lipsa unei șosele pe firul apei, care să lege șantierele „Captare-Dobrești" și „Nod presiune-Gîlma" și să deservească punctele de lucru de la ferestrele aducțiunii, au impus crearea unui drum de coastă, cu linie ferată îngustă de 760 mm, cu care s-au făcut transporturile de materiale pentru galeria de aducțiune.

3. **Transporturile materialelor de masă** s-au făcut în majoritate cu calea ferată pînă la Pietroșița, iar de aci cu mijloace auto la cele trei sectoare ale șantierului.

4. **Alimentarea cu energie electrică** a punctelor de lucru și a utilajelor de construcție s-a făcut printr-o linie de 15 kV, alimentată de uzina Dobrești cu 7 posturi de transformare de 15/0,4 kV, cu o lungime a liniilor de racord de 2 500 m și o putere instalată maximă de 1 500 kVA.

5. **Alimentarea cu apă și aer comprimat** a fost realizată separat pentru fiecare sector de lucru, cu bifurcații la punctele de lucru, această soluție dovedindu-se a fi mai economică și mai avantajoasă pentru șantierul Moroeni. Alimentarea cu aer comprimat s-a asigurat cu compresoare de 5—10 și 15 m³/min, cele mai mari fiind folosite la galeria de aducțiune, datorită punctelor de lucru situate la distanțe mari de stațiile de compresoare.

6. **Agregatele necesare betoanelor** s-au obținut din concasarea calcarelor tithonice ale carierelor locale, aluviunile albiei Ialomiței și nisipul din Ialomicioara, de la Brazi (Ploiești) și Cățelu (București). Intr-un procent de aprox. 90% agregatele folosite au fost cele locale, restul fiind nisipurile transportate de la distanță pentru torcretul galeriei de aducțiune.

Prima carieră deschisă a fost la Răteiu, în calcare curate tithonice, din care s-au aprovizionat cu agregate concasate galeria de aducțiune și în mai mică măsură lucrările de la baraj. Se relevă că nisipurile de moară obținute din dubla concasare și ciuruire a calcarului local au fost de bună calitate și au fost folosite la lucrările de betoane din galerie.

Cariera Gîlma, situată la confluența Gîlma cu Ialomița, tot în calcare cu rezerve de cca. 150 000 m³ a aprovizionat cu agregate sectorul „Nod de presiune".

Ulterior, s-a deschis și cariera de la Cărpiniș, pe valea unui afluent al Ialomicioarei, la aprox. 15 km de punctul Gîlma, în gresii cu ciment silicios, materialul extras folosind la execuția moloanelor pentru barajul Dobrești și clădirea centralei.

In general, lucrările de organizarea șantierului s-au executat în limita necesarului și paralel cu dezvoltarea lucrărilor de bază. Totuși izolarea șantierului de centre populate și construcția lucrărilor într-o regiune de munte au impus și alte lucrări de organizare, ca: linii telefonice, corpuri de pază, poteci de acces, poduri de lemn pe traseul lucrărilor, care însă nu au depășit în totalitate procentul de 3% din valoarea totală a lucrărilor.

V. Execuția lucrărilor

Volumul modest al lucrărilor, dată fiind lipsa unei acumulări importante, nu a justificat un grad prea mare de mecanizare la realizarea acestei uzini hidroelectrice.

Se poate spune că majoritatea lucrărilor au fost executate cu utilaje obișnuite de construcție, ca excavatoare de 1 m³, ciocane de forare de 20 kg, compresoare fixe și mobile de 4—10—15 m³/min, betoniere de 150—500 l capacitate, concasoare de 2—5 m³/h, trolii mecanice de 1—5 t, pompe (electro și moto) de 2—18", locomotive Diesel etc.

Prin specificul ei însă, fiecare lucrare a impus un anumit proces tehnologic, necesitînd utilajele corespunzătoare.

La captare, lucrările au fost începute prin executarea bazinului de apă curată, a conductei de racord și a zidurilor de sprijin pe malul stîng. Excavațiile la bazinul de compensare au fost executate cu excavatorul, iar transporturile cu vagoneți de 0,8 m³, pînă în aval de amplasamentul barajului. Pentru lucrările de la baraj, s-a executat la început devierea apelor Ialomiței, printr-un jgheab de deviere pe deschiderea din dreapta a barajului. Betoanele turnate, simple sau armate, au folosit un dozaj de 250—350 kg ciment la m³, iar agregatele au fost cele obținute din concasaj de la cariera Răteiu.

La betoanele masive s-au utilizat într-un procent de 30% blocajele provenite din regularizarea albiei în acest sector. Inchiderea barajului cu roca de bază pe malul stîng s-a făcut prin construcția unui ecran de beton armat de 9 m înălțime și așezat pe o fundație de beton încastrată în micașisturile de bază.

Conducta de racord de beton armat de 2,40 m diametru interior a fost turnată pe loc în tranșee deschisă, pe un pat continuu de beton, acoperită ulterior cu materialul rezultat din săpătură. Pentru execuția *galeriei de aducțiune* s-au excavat 6 ferestre de atac cu lungimi variind între 63,91 m (F. Raciu) și 203 m (F_4), împărțind traseul în 7 tronsoane, cu lungimi de la 330 m (F_2—F_3) la 1 176 m (F. Răteiul—F_2). S-au folosit totodată intrările în galerie pe la cele două capete amonte și aval, de la priză (Dobrești) și casa vanelor (Piscul cu Brazi).

Metoda de lucru aplicată la excavație a fost execuția la secțiune plină, dat fiind diametrul redus de cca. 3 m, prin realizarea medie a 8—10 găuri de mină de 1,50—2,0 m lungime în șisturile cristaline, iar în conglomeratele foarte dure de 20—24 găuri. Consumurile de materiale la excavație au variat în funcție de natura rocii (cristalin sau conglomerat), foarte diferit pentru dinamită de la 1—4 kg/m³, media pe lucrare fiind 1,5 kg/m³; pentru

capse de la 1,5—6,0 buc/m³, pentru fitil 2,50—10 ml/m³. Armarea provizorie a galeriei s-a făcut mai rar în zonele de conglomerate, în schimb mai frecvent în zonele de dislocații și presiuni mari, a căror frecvență s-a făcut simțită în zona F. Răteiu-F_2. Tot aci s-au întîlnit și infiltrații puternice (15—20 l/s), care au condus chiar la captarea și introducerea în galerie a celui mai puternic izvor de la fereastra de atac F_2.

Datorită degradării continue a șisturilor cristaline, care au necesitat înlocuirea armăturilor cu efectuarea concomitentă a reprofilărilor galeriei, viteza medie realizată la excavație a fost de cca. 4 ml/zi pe frontul de lucru, pentru o execuție a galeriei în trei schimburi.

Betonarea galeriei s-a făcut pe inele de 4—6 m lungime în zonele de șisturi și 6—8 m în zonele de conglomerate. Betonul a fost turnat în cofraje de lemn așezate pe cintre metalice demontabile, operația de betonare fiind începută cu radierul galeriei. Prepararea betoanelor s-a făcut la intrarea ferestrelor, transportul efectuîndu-se cu vagoneți și locomotive electrice pînă la punctele de betonare.

Datorită condițiilor geologice dificile cît și presiunilor mari întîlnite, profilele tip prevăzute prin calcul au fost depășite. Depășirea procentuală a secțiunilor de beton simplu a fost în medie de 130%, iar pentru betoanele armate de 10% sau pe total o depășire a secțiunilor teoretice de 110%. S-au executat după betonare injecții de umplere a spațiilor goale din spatele cămășuielii, iar ulterior injecții de consolidare a rocii și stabilirea unui contact mai strîns între cămășuială și roca de bază.

Injecțiile de umplere au început cu dozajul 1:4 părți ciment-nisip și presiunea 2 atm, mergînd pînă la raportul 1:1 și presiunea de 4—6 atm. Realizarea acestor lucrări s-a efectuat în două faze, cea de-a doua fiind mai mult de control și folosită pentru zonele cu infiltrații puternice, care nu puteau fi injectate și închise complet de la primele injecții.

Torcretarea galeriei s-a făcut la 5—6 atm, cu un dozaj de 550 kg ciment la m³ nisip de rîu, amestecul făcîndu-se direct în duza aparatului de torcret.

Castelul de echilibru a constituit o lucrare complet subterană. Prima lucrare a fost camera superioară, excavată prin metoda belgiană, cu două galerii, iar după excavarea completă a bolții s-a trecut la betonarea ei. Prin subzidire, a fost executată pe tronsoane betonarea pereților verticali ai camerei după care s-a turnat radierul. Puțul vertical s-a executat prin excavarea de la cele două capete și betonarea de la partea superioară. După aceasta s-a realizat un torcret armat de 6 cm grosime, executat cu ajutorul unor platforme de lucru suspendate cu troli din camera superioară.

În casa vanelor s-a realizat racordul dintre galeria de aducțiune și conducta forțată, avînd fundația comună cu masivul de ancoraj M_1.

Executarea conductei forțate s-a început prin excavarea unei tranșee importante, a fundației masivelor de ancoraj și a betonării acestora. Betonarea masivelor de ancoraj și a șeilor intermediare s-a desfășurat în două faze, prima constituind-o turnarea fundațiilor pînă la cca. 80 cm sub conducta forțată, iar a II-a turnarea betonului după fixarea pieselor metalice și a virolelor pe masive. Cantitatea de beton intrată într-un masiv variază între 295 m³ (M_3) și 529 m³ (M_2), marca betonului fiind B 110 cu agregatele de la cariera Gîlma. Instalațiile de betonare și aer comprimat au fost așezate la baza conductei forțate, betonul și virolele fiind transportate cu ajutorul planului înclinat.

Pentru execuția centralei, a stației de transformare de 110 kV, a coloniei definitive și a altor lucrări anexe, au fost efectuate în primul rînd importante lucrări de excavații (peste 200 000 m³) pentru crearea platformelor necesare.

Infrastructura clădirii centralei a fost realizată ca un monolit din beton armat, izolată și prevăzută cu drenaje la exterior, în scopul evitării infiltrațiilor în încăperile situate sub cota sălii mașinilor. Suprastructura sălii mașinilor, respectînd gabaritele echipamentului, s-a putut construi din cadre de beton armat la distanță de 7,0 m, cu secțiunea de 1,10×0,50, încastrate în fundații și din zidărie mixtă de cărămidă și piatră la exterior.

VI. Montajul echipamentului

Echipamentul electromecanic al uzinei Moroeni, datorită pieselor sale grele — rotoarele generatoarelor, transformatoarele —, a pus probleme privind transportul lor de la gara Pietroșița la șantierul Gîlma și Dobrești.

Echipamentul sălii mașinilor — vane, turbine, generatoare — s-a montat cu ajutorul podului rulant de 50/10 t, iar conducta forțată cu ajutorul planului înclinat și al eșafodajelor special construite.

Echipamentul de la captarea principală nu a pus probleme speciale pentru montaj, însă vanele mari de fund au impus construcția unei estacade de montaj.

VII. Costul lucrărilor

La execuția uzinei hidroelectrice Moroeni au fost realizate pe ansamblu amenajării importante *volume de lucrări*, ca:

		Cantitate	Procente din costul total
1. Excavații la zi	m³	380 000	12,0
2. Excavații în subteran	m³	50 000	15,4
3. Betoane simple și armate în exterior	m³	50 200	12,9
4. Betoane simple și armate în tunelul de aducțiune	m³	29 000	10,3
5. Beton armat torcretat de 6 cm	m²	13 500	0,9
6. Zidărie de cărămidă și de piatră	m³	25 000	6,2
7. Tencuieli torcretate în tunel de 2 cm grosime	m²	22 600	0,6
8. Injecții cu lapte de ciment	t	2 000	1,7
9. Armături fier-beton	t	1 300	4,1
10. Echipament electro-mecanic pentru centrală și stație	t	910	29,0
11. Echipament pentru conducta forțată	t	545	3,5
12. Construcții metalice, izolări etc.	m²	4 300	3,4

Investiția totală, cuprinzînd lucrările de bază și de organizare a șantierului, arată următoarea repartiție procentuală pe capitole de lucrări:

I. Studii, proiectări, asistență tehnică	3,1%
II. Lucrări de construcții: captare, aducțiune, castel, conducta forțată, centrală, stație trafo	50,0%
III. Lucrări de construcții anexe uzinei: drumuri, planuri înclinate, amenajări în regiune, grupuri gospodărești etc.	8,1%
IV. Colonia definitivă	5,0%
V. Organizarea șantierului	3,0%
VI. Echipamentul mecanic și electric	28,7%
VII. Grup de supraveghere, pază etc.	2,1%
Total	100%

De asemenea, realizarea investiției totale pe elemente de cost, ca: materiale, manoperă, utilaj, instalații, energie, este următoarea:

	Procente din costul total
I. *Studii, proiectări*	3,1%
II. *Lucrări de construcții*	
— Materiale de construcții	28,1%
— Manoperă la construcții	9,2%
— Utilaje de construcții (chirii, amortismente)	9,7%
— Instalații: electrice, aer comprimat, tehnica sanitară etc.	4,2%
— Energie, combustibil	1,5%
— Transporturi, căi de acces, planuri înclinate	13,4%
III. *Echipament electromecanic*	
— Echipament hidromecanic	16,6%
— Echipament electric	7,7%
— Montajul echipamentului	4,4%
IV. *Supraveghere, pază, cadre*	2,1%
Total	100%

Un rol preponderent în costul lucrărilor uzinei l-au avut și prețurile medii realizate pe articole de lucrări. Aceste prețuri sînt rezultatul procesului tehnologic de execuție, al gradului de mecanizare a lucrărilor, al surselor de aprovizionare cu materiale de masă, cum și al transporturilor efectuate. Ele se înscriu în limitele admisibile pentru lucrările hidrotehnice în care condițiile de realizare a lucrărilor sînt diferite de cele întîlnite la construcțiile civile obișnuite.

Centrala termoelectrică Paroşeni

Ing. C. MOŢOIU şi ing. F. ROUĂDEDEAL

1. Generalităţi

Centrala termoelectrică Paroşeni, situată în mijlocul bazinului carbonifer al Văii Jiului, constituie unul dintre obiectivele cele mai importante ale planului de electrificare pentru perioada 1951—1960.

Centrala a fost proiectată, conform directivelor planului de electrificare, pentru a consuma deşeurile de combustibil solid provenite de la preparaţiile de cărbune din Valea Jiului şi a fost dimensionată să corespundă în perspectivă disponibilităţilor de astfel de deşeuri.

Centrala a fost proiectată cu o putere în prima etapă de 150 MW şi este echipată cu grupuri de 50 MW.

Prima turbină a fost pusă în funcţiune în 1956, aceasta fiind cel dintîi agregat cu asemenea putere instalat în R.P.R.

Grupurile 2 şi 3 au fost puse în funcţiune succesiv în 1957 şi 1959. Actualmente se studiază extinderea centralei cu încă un grup de mare putere.

Centrala are un rol de bază în sistem şi asigură alimentarea cu energie electrică a consumatorilor din Valea Jiului, precum şi a consumatorilor industriali importanţi care se dezvoltă la nordul şi sudul acestei regiuni, şi anume: Combinatul siderurgic Hunedoara, fabrica „Oţelul roşu" şi exploatările petrolifere din Oltenia, de care este legată prin linii de 110 kV care traversează munţii.

Centrala termoelectrică Paroşeni este construită cu echipament sovietic şi s-a realizat cu ajutorul specialiştilor din U.R.S.S. atît în privinţa proiectării cît şi în privinţa montajului şi punerii în funcţiune.

Prin colaborarea şi îndrumarea care au avut loc aici din partea organizaţiilor de specialitate din U.R.S.S. construcţia centralei Paroşeni a constituit totodată o şcoală de calificare şi perfecţionare pentru cadrele noastre de exploatare, montaj şi proiectare.

2. Descrierea amplasamentului

Situată într-o regiune de munţi foarte frămîntată, pe cursul superior al rîului Jiul Romînesc, lucrarea a ridicat probleme foarte interesante de dispoziţie pe teren şi de folosire la maximum a posibilităţilor pe care le oferea un amplasament strîmt şi variat ca nivelare.

Rezolvarea acestor probleme în condiţii avantajoase, atît din punct de vedere constructiv cît şi din punct de vedere al exploatării, constituie particularitatea esenţială a centralei Paroşeni şi este un merit deosebit pentru tehnicienii noştri.

Amplasamentul centralei se află în aval de oraşul Lupeni, pe malul Jiului Romînesc, şi are forma alungită a albiei majore a rîului, fiind foarte îngust.

Zona nivelată necesară pentru desfăşurarea obiectelor centralei a fost realizată prin excavarea unui bot de deal care a creat o terasă superioară servind aşezării turnurilor de răcire. Volumul săpăturilor în această zonă a atins 300 000 m³ şi pămîntul rezultat a servit la nivelarea restului terenului.

Apa de răcire pentru centrală se ia din rîul Jiu, iar combustibilul centralei este adus cu ajutorul vagoanelor de cale ferată normală.

Solul de fundare al centralei se compune din pietrişuri aşezate pe strat impermeabil de marnă, a cărui adîncime variază între 4 şi 4,9 m. Deşi rezistenţa terenului s-a dovedit a fi bună, acest sol prezintă dezavantajul nivelului ridicat al apelor subterane, ceea ce a impus să se construiască un drenaj de adîncime pînă la stratul de marnă. Drenajul care înconjură zona clădită a amplasamentului a avut ca efect coborîrea nivelului apelor subterane sub nivelul subsolurilor clădirilor.

3. Schema termică, echipamente mecanice

Centrala termoelectrică este echipată cu echipament sovietic şi anume: cazane tip PK-10 de debit 230 t/h cu caracteristicile aburilor 100 ata, 510°C şi turbine tip VK-50-1 cu caracteristicile aburilor la intrare 90 ata, 500°C.

Cazanele sînt cu circulaţie naturală şi tambur, de tipul cu radiaţie, cu camera focarului complet ecranată, construite pentru arderea de cărbune pulverizat. Camera focarului este prevăzută cu 8 arzătoare pentru praf de cărbune cu înclinare variabilă şi cu 8 injectoare suplimentare pentru păcură care servesc pentru pornire şi pentru menţinerea flăcării la sarcini parţiale. Ulterior cazanul a fost adaptat şi pentru arderea de gaze naturale. Cazanul are circulaţie de apă împărţită şi în tambur se realizează sistemul de vaporizare în două trepte.

Supraîncălzitorul, compus din serpentine verticale, este construit din oţel aliat cu crom şi molibden şi asigură temperatura constantă de 510°C cu ajutorul unui regulator de temperatură de suprafaţă cu ţevi orizontale.

Economizorul în două trepte primeşte apa de alimentare a cazanului preîncălzită în mod normal la temperatura de 215°C. Treptele economizorului alternează cu treptele preîncălzitorului de aer calculat pentru a asigura o temperatură a aerului de 240—300°C la intrarea în focar.

Construcţia cazanului este cu două drumuri de gaze, iar gazele de ardere părăsesc cazanul pe la partea inferioară, permiţînd instalarea la sol a filtrelor de cenuşă şi a ventilatoarelor de gaze. Filtrele de cenuşă sînt de tipul multicicloane.

Turbinele sînt de tipul cu acţiune, cu un singur corp într-un singur flux. Ele sînt dimensionate pentru o temperatură nominală a apei de răcire de 10°C şi un vid în condensator de 0,036 ata.

Schema de legătură între cazane şi turbine este sistem bloc cu bară transversală de ajutor.

Avînd în vedere calitatea inferioară a combustibilului, precum şi ponderea mare a centralei în sistemul energetic, s-a prevăzut iniţial instalarea unui cazan de rezervă legat la bara de ajutor, acesta fiind cazanul numărul 3 al centralei.

Ulterior, ca urmare a rezultatelor bune de exploatare, s-a renunţat la ideea cazanului de rezervă şi cazanul trei s-a legat direct de turbina trei.

tul de apă al cazanelor la funcţionarea centralei cu puterea maximă. Funcţionarea normală a centralei se face folosind electropompele.

Toate pompele de alimentare primesc apa din degazoare prin o conductă colectoare simplă, secţionată longitudinal. Refularea pompelor poate fi deasemenea pusă în paralel cu ajutorul unei conducte colectoare simple secţionată longitudinal, iar alimentarea cazanelor se face

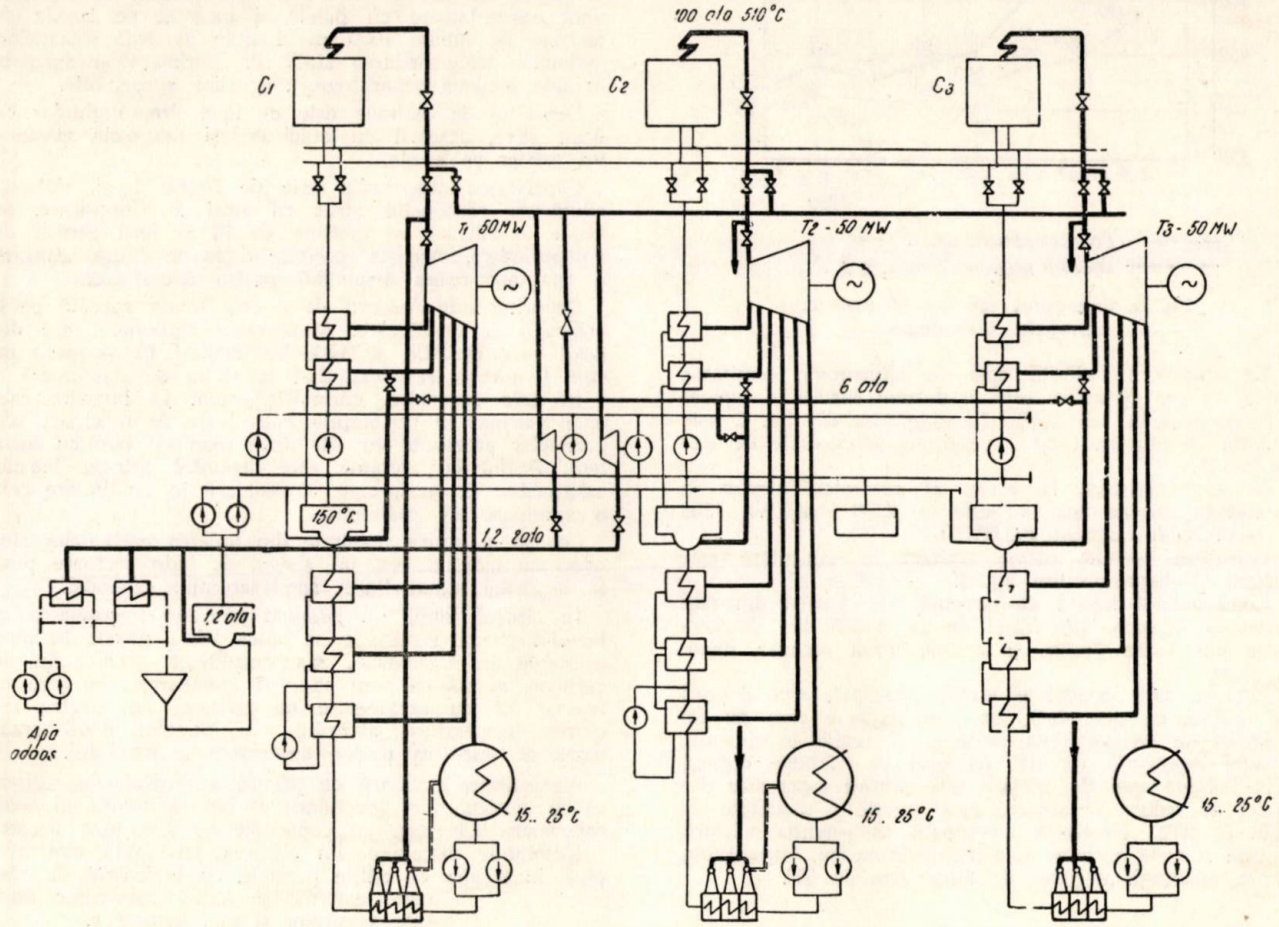


Fig. 1. Schema termică de principiu.

In fig. 1 se arată schema termică de principiu a centralei.

Preîncălzirea apei de alimentare se face în cinci trepte. Degazarea apei se face la presiunea de 6 ata. Din rezervoarele degazoarelor, apa este preluată de pompele de alimentare ale cazanelor şi refulată prin două preîncălzitoare de înaltă presiune, aşezate de asemenea în serie. Toate preîncălzitoarele şi degazorul sînt alimentate cu abur de la prizele nereglabile ale turbinelor. Pentru asigurarea presiunii constante de degazare, degazorul are o alimentare de rezervă şi de la o instalaţie de reducere-răcire, care preia în caz de sarcină redusă pe turbină abur din conducta principală de legătură a cazanelor.

Pompele de alimentare ale cazanelor sînt antrenate cu motoare electrice asincrone cu turaţie constantă, cu putere 2000 kW. Ele au un debit de 270 m³/h la o înălţime de refulare de 1500 m coloană de apă şi fiecare pompă este inclusă organic în schema unui bloc cazan-turbină. Conform normelor în vigoare pentru exploatarea centralelor electrice, sînt prevăzute în schemă şi pompe de rezervă, şi anume o electropompă şi două turbopompe. Turbopompele asigură jumătate din debitul cu ajutorul unui sistem de bare colectoare duble. Eşaparea turbopompelor are loc la presiunea de 1,2 ata şi este introdusă în circuitul termic folosind la încălzirea apei de adaos.

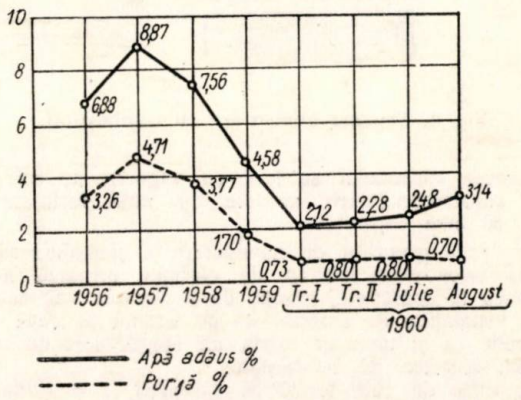


Fig. 2. Debitele de apă de adaos şi purjă la CTE Paroşeni.

Apa de adaos procurată prin captarea unui izvor din apropierea centralei are un conținut de săruri redus și necesită numai un tratament chimic prin epurare cu ajutorul filtrelor Na-cationice. Apa epurată chimic suferă o degazare într-un degazor atmosferic și apoi este introdusă în circuitul termic.

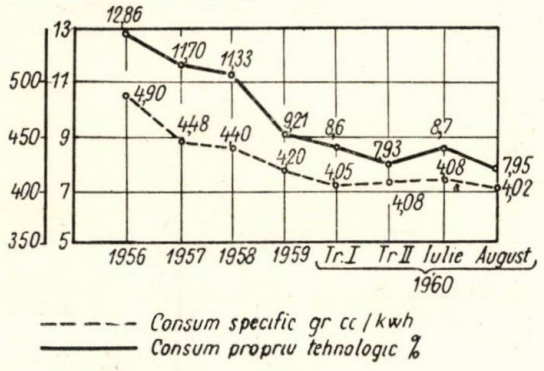


Fig. 3. Consumul specific și consumul propriu tehnologic.

Ca urmare a calității apei de alimentare, cantitatea totală de apă de adaos este în prezent redusă în exploatare normală la sub 2,5%. In diagrama din fig. 2 este arătată variația în timp a cantității procentuale de apă de adaos.

Consumul specific la borne al centralei calculat în proiect la sarcina maximă este de 2590 kcal/kWh (398 g combustibil convențional/kWh).

Consumul specific mediu realizat în exploatare este indicat în diagrama din fig. 3.

Combustibilul folosit de centrală este format din resturile de cărbune provenind de la spălătoriile de cărbune din Valea Jiului, și anume două sorturi: mixte și șlam.

Mixtele, care constituie sortul principal, sînt deșeuri de spălare de granulație mică și mijlocie care au un conținut de cenușă pînă la 40% și umiditate ridicată. Șlamul reprezintă un mîl de praf de cărbune obținut prin flotarea apei de spălare, are calități superioare din punct de vedere al arderii, însă posedă o umiditate de pînă la 28%. Problema principală în privința folosirii acestui sort de cărbune este manipularea lui, întrucît din cauza umidității unghiul de taluz este de 90°.

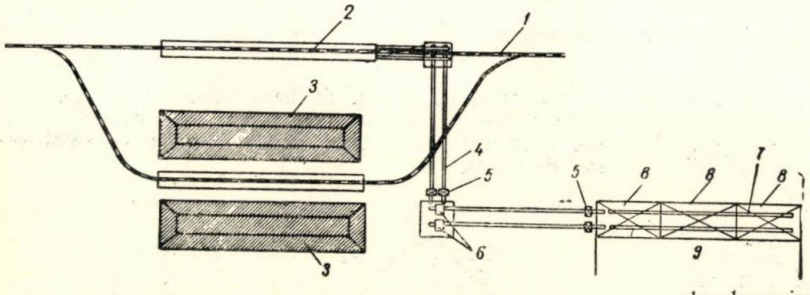


Fig. 4. Schema alimentării cu combustibil.

Aducerea cărbunelui se face cu vagoane de cale ferată autodescărcătoare speciale cu fund înclinat, de 40 și 50 tone capacitate.

Din cauza greutății de manipulare a șlamului, amestecarea celor două sorturi de cărbune urmează a se face încă la spălătorie, înainte de încărcarea vagoanelor. Toate instalațiile de cărbune de pe terenul centralei sînt construite ca și cum ar exista un singur sort de combustibil, amestec de mixte-șlam.

Vagoanele de cale ferată se descarcă la o stație de descărcare cu buncăre adînci subterane, avînd un front de descărcare de 117 m, ceea ce permite descărcarea simultană a unor jumătăți de garnituri de tren. Această stație de descărcare este acoperită și încălzită la interior pe timp de iarnă.

In fig. 4 este arătată schema de alimentare cu cărbune a centralei.

Debitul întregii instalații de alimentare cu cărbune corespunde consumului maxim posibil al centralei cu toate cazanele în funcțiune. Sistemul de alimentare este dublu, cu o linie în funcțiune și una de rezervă. De la stația de descărcare cărbunele este preluat cu ajutorul unor alimentatoare cu palete și încărcat pe banda de cauciuc de lățime 1000 m. Inainte de sala cazanelor, cărbunele trece printr-o stație de sfărîmare și succesiv în fața a două separatoare magnetice suspendate.

Depozitul de cărbune este de tipul dreptunghiular cu două stive, deservit cu buldozere și macarale electrice tip greifer pe șenile.

Capacitatea depozitului este de 70 000 t și, datorită cilindrării cărbunelui strat cu strat la depozitare, se obține o stivuire pe înălțime de 12 m fără pericol de autoaprindere. Aceasta permite o foarte bună utilizare a spațiului redus disponibil pentru depozitare.

Depozitul este deservit de o cale ferată așezată pe o estacadă de descărcare. Manevrarea cărbunelui din depozit spre centrală se face încărcîndu-l în vagoane de cale ferată și transportîndu-l la stația de descărcare.

In sala cazanelor, cărbunele primit în buncăre este apoi măcinat în instalațiile individuale de măcinare ale cazanelor prevăzute cu cîte două mori cu bile cu mers lent. Praful de cărbune este depozitat într-un buncăr intermediar de praf, care alimentează în continuare cele 8 arzătoare ale cazanului.

Cenușa și zgura rezultate din arderea cărbunelui sînt evacuate hidraulic cu un sistem de hidroejectoare pînă la depozitul situat lîngă amplasamentul centralei.

In ultimul timp, s-a adăugat centralei Paroșeni combustibil gazos. Pentru a se putea folosi gazele în mod combinat cu cărbunele, s-au modificat arzătoarele de cărbune, și anume s-au adăugat arzătoarele de gaze în același loc cu arzătoarele de cărbune, iar pentru reglarea temperaturii aburului s-au instalat două arzătoare de gaze în partea superioară a focarului.

Alimentarea auxiliară cu păcură a centralei se asigură cu ajutorul unei gospodării de păcură dotată cu două rezervoare subterane cu capacitate de 750 tone fiecare.

Instalațiile mecanice din clădirea principală sînt dispuse în soluția cu sălile paralele, cu buncărele de cărbune exterior și corpul serviciilor între sala mașinilor și sala cazanelor.

Grupurile electrogene sînt așezate cu axul longitudinal față de sala mașinilor, care are o deschidere de 22 m.

Preîncălzitoarele sînt grupate în imediata apropiere a turbinelor. In aceeași sală se găsesc dispuse la cota zero pompele de alimentare ale cazanelor.

In sala serviciilor interne se găsesc următoarele instalații: la cota 0 stațiile electrice de servicii interne și transformatoarele acestora, la nivelul planșeului de deservire conductele principale ale centralei și instalațiile de reducere-răcire, iar la nivelul +13,5 m degazoarele.

Cazanele au o sală cu o deschidere de 27 m și o înălțime de 34 m și sînt montate cu focarul înspre sala turbinelor.

Secțiunea schematică prin centrală este indicată în fig. 5.

4. Instalații electrice

Generatoarele electrice au puterea de 60 MVA, tensiunea de 10,5 kV, cos $\varphi = 0{,}85$ și sînt răcite cu aer. Reglajul automat al tensiunii se face cu amplificatoare magnetice; punerea în paralel se poate face prin sincronizare exactă sau prin metoda auto-sincronizării.

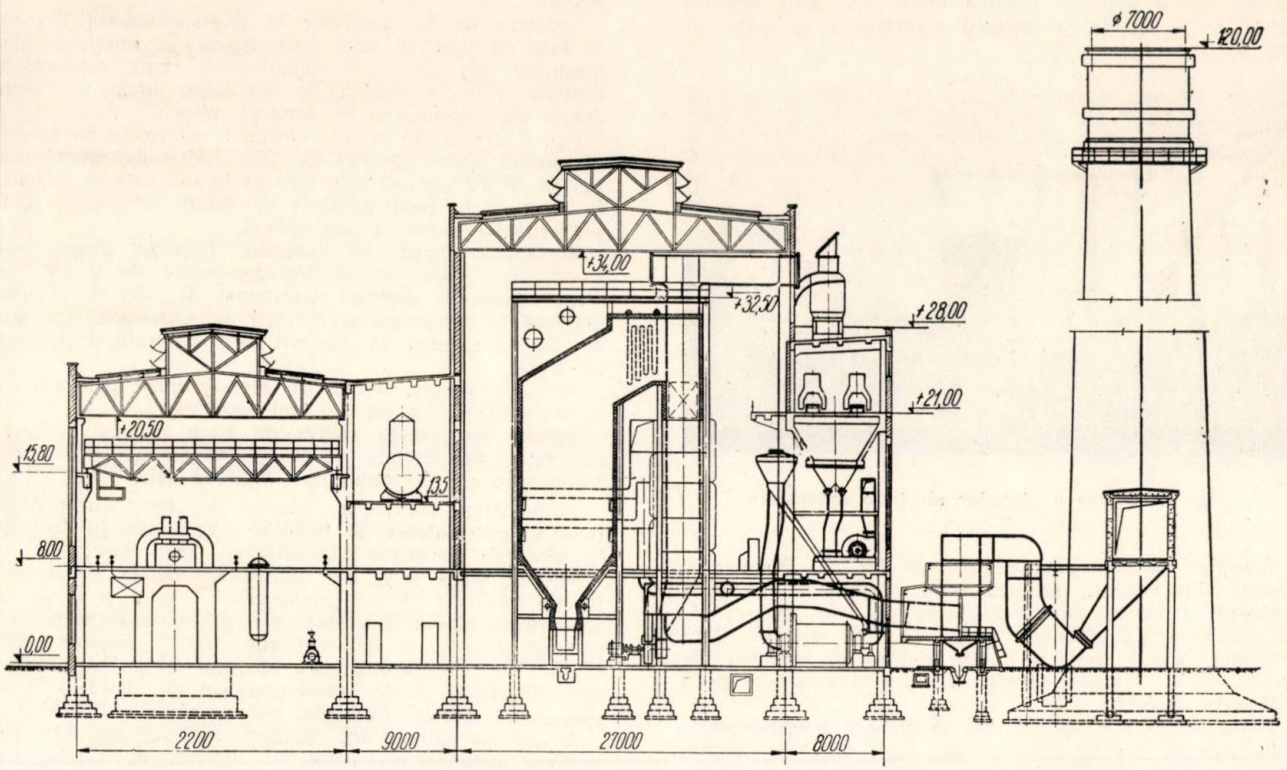


Fig. 5. Secţiune prin clădirea principală a centralei.

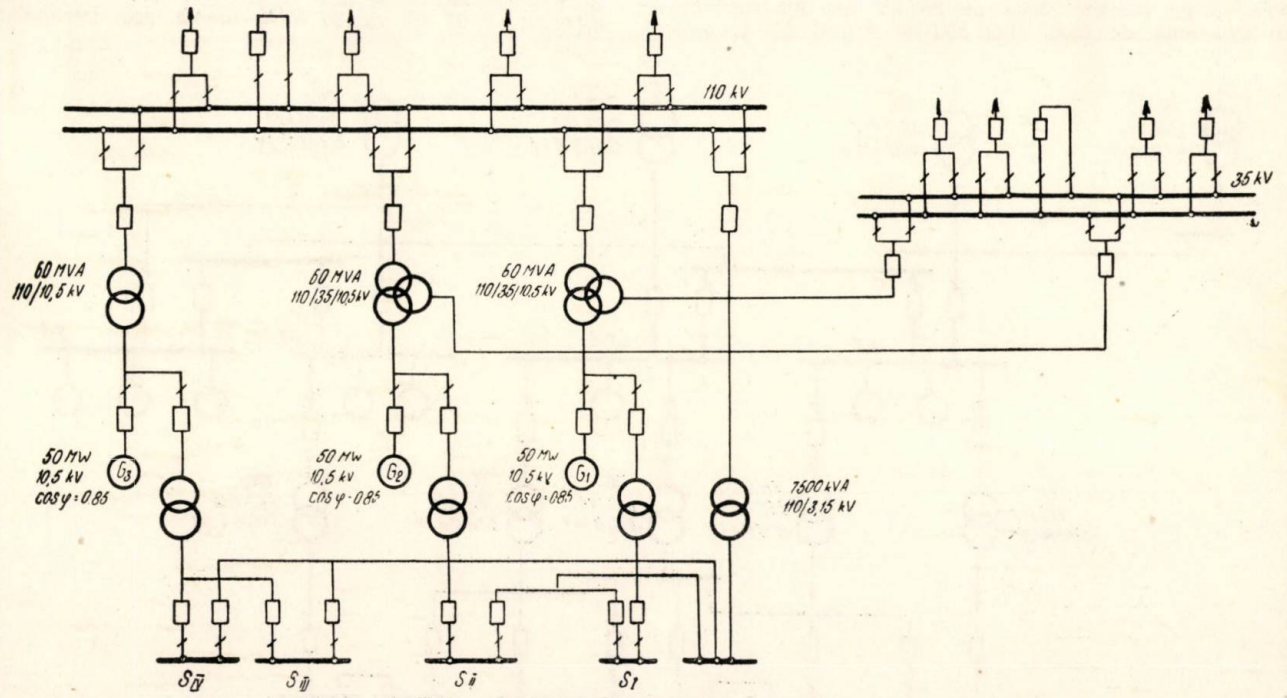


Fig. 6. Schema electrică de principiu.

Tensiunile de plecare ale liniilor de la centrală sînt de 35 kV şi 110 kV. Pentru viitor s-a lăsat posibilitatea de a instala pe terenul centralei şi o staţie de 220 kV.

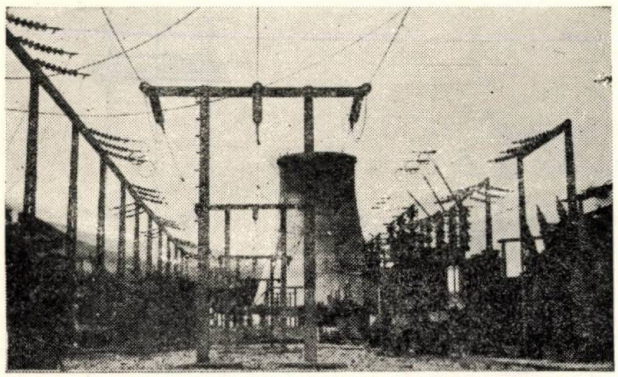


Fig. 7. Vedere a staţiilor electrice exterioare.

Schema electrică este arătată în fig. 6. După cum rezultă din schemă, primele două grupuri au transformatoare trifazice cu trei înfăşurări de 60 MVA, 10,5/38,5±4×2,5%/121±2×2,5% kV, cu reglaje fără tensiune, avînd pentru fiecare înfăşurare puterea de 60 000 kVA. Transformatorul blocului 3 este cu două înfăşurări 10,5/121 kV.

Nulul înfăşurării de 121 kV al tuturor transformatoarelor este cu izolaţie plină şi este legat direct la pămînt, legătura fiind comutabilă prin separator.

Nulul înfăşurării de 35 kV al transformatoarelor poate fi legat la pămînt prin bobină de stingere.

Staţiile de 110 şi 35 kV au sisteme duble de bare cu cuplă transversală şi sînt construite de tip exterior semiînalt pe stîlpi de beton armat prefabricat.

Staţia de 110 kV are întrerupătoare cu ulei mult de tip MKP 110-600 A-2500 MVA şi MKP-110 M-600 A,3500 MVA, prevăzute cu sistem de reanclanşare automată monofazică pe plecări; staţia de 35 kV are întreruptoare cu ulei mult de tipul MKP-35,1000 A,1000 MVA, prevăzute cu sistem de reanclanşare automată trifazată pe plecări.

Legătura de la generator la transformatorul blocului se face cu ajutorul unor bare rigide în interiorul sălii maşinilor şi apoi prin intermediul unor conductoare flexibile pînă la cabina de derivaţie, unde se racordează transformatorul de servicii proprii.

Fig. 7 reprezintă staţiile electrice exterioare. Se observă că nivelul staţiei de 110 kV este diferit de nivelul staţiei de 35 kV care se află aşezată la o cotă mai ridicată, în timp ce în fund turnurile de răcire se găsesc pe o platformă la nivel şi mai ridicat.

Serviciile proprii ale centralei folosesc pentru motoarele mai mari de 75 kW tensiunea de 3 kV, iar pentru celelalte motoare tensiunea de 380 V. Pentru iluminat şi acţionarea unor vane se utilizează tensiunea de 220 V; reţeaua de iluminat este separată de reţeaua de forţă.

Serviciile proprii de 35 kV sînt grupate pe secţii de bare corespunzător cu numărul cazanelor.

Secţiile au simplu sistem de bare şi sînt realizate cu celule prefabricate mobile metalice echipate cu întreruptoare cu ulei puţin tip VMG-133 III.

Alimentarea serviciilor interne se face cu ajutorul unor transformatoare de 10,5/3,15 kV, legate în derivaţie la blocurile generator-transformator, prin întreruptor.

Primele două secţii sînt alimentate de la transformatoarele de 7500 kVA ale grupurilor 1 şi 2 şi la ele se racordează serviciile proprii ale primelor două blocuri, precum şi o parte din serviciile proprii generale. Secţiile 3 şi 4 corespunzătoare blocului 3 şi cazanului 4 sînt alimentate de la transformatorul de 10 000 kVA al grupului 3; acesta are reglaj sub sarcină la 10,5 kV.

Asigurarea alimentării tuturor secţiilor se face cu ajutorul unui transformator de rezervă de 121/315 kV cu reglaj fără tensiune legat în staţia de 110 kV şi care se conectează automat la secţia rămasă fără tensiune. În fig. 8 este arătată schema generală de alimentare a serviciilor proprii ale centralei.

Transformatorul de rezervă al serviciilor proprii 110/3 kV serveşte totodată şi pentru asigurarea energiei electrice necesare pornirii primului grup din centrală.

Serviciile proprii de 380 şi 220 V sînt alimentate de la transformatoare în ulei de 3,15/0,4 kV, 560 kVA şi 0,4/0,231—0,127 kV de 30 kVA, uscate prin intermediul

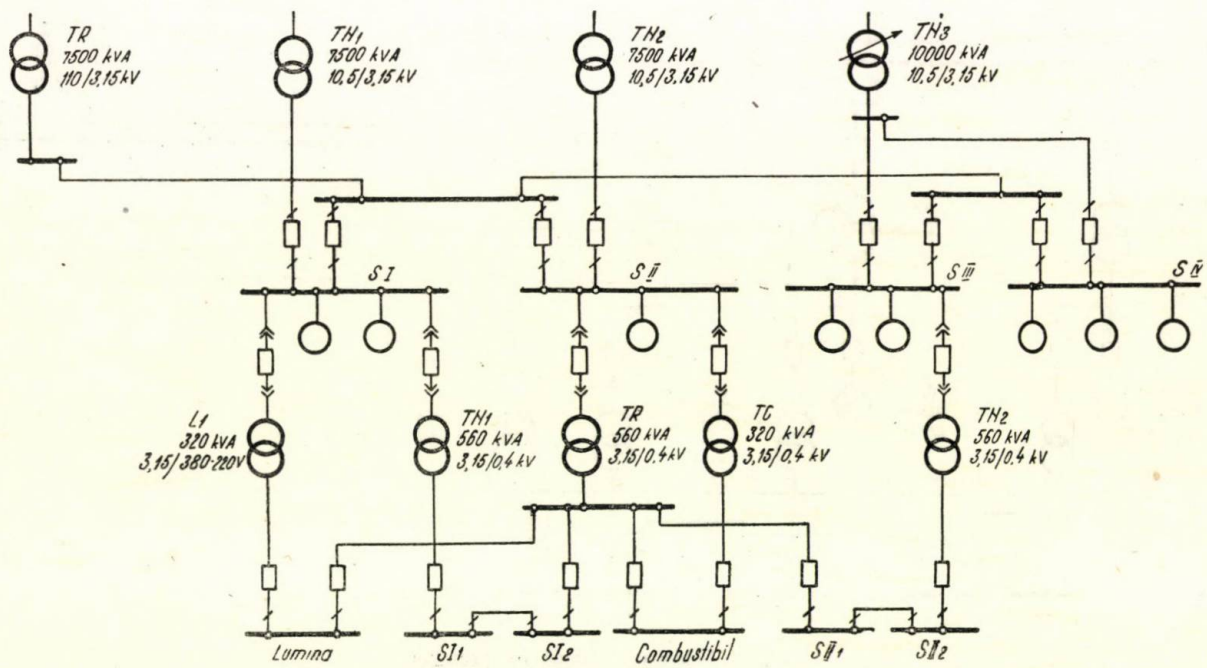


Fig. 8. Schema alimentării serviciilor interne.

tablourilor principale şi secundare, realizate ca tablouri metalice deschise sau capsulate. Reţeaua de iluminat este alimentată de un transformator de 320 kVA, 3,15/0,4—0,231 kV.

Aceste tablouri se găsesc în parte în corpul serviciilor proprii la cota O, intercalate între secţiile de 3 kV, şi în parte în apropierea consumatorilor principali din clădirea principală sau alte corpuri de clădiri.

Secţiile principale de 380 V au simple sisteme de bare, secţionate longitudinal prin separator în două subsecţii; fiecare secţie este alimentată de cîte un transformator 3/0,4 kV. Pentru toate secţiile de forţă şi lumină există un singur transformator de rezervă.

Pentru consumatorii care necesită alimentare fără întrerupere (alimentatoare de praf, pompe de ulei de rezervă, circuite de comandă şi protecţie etc.), este prevăzută o alimentare cu curent continuu de 220 V prin grupuri convertizoare şi baterii de acumulatori. Bateriile de acumulatori amplasate în blocul de comandă, funcţionînd după principiul încărcării continue, sînt în număr de două. Iluminatul este alimentat în mod separat la tensiunea de 220 V, cu excepţia locurilor cu tensiune periculoasă alimentate la 24 V şi 12 V.

Comanda instalaţiilor electrice principale, inclusiv alimentarea serviciilor proprii de 3 şi 0,4 kV şi instalaţia de curent continuu sînt centralizate într-o cameră de comandă construită într-un corp separat şi legată de sala maşinilor printr-o pasarelă.

Panou-pupitrele şi panourile din camera de comandă sînt dispuse într-un contur format din 4 laturi, avînd în faţă elementele de comandă, măsură şi semnalizare, iar în spate partea de protecţie, contorizare, înregistrare şi reglaj.

Pe panourile şi pupitrul de comandă este prevăzută o schemă oarbă, indicarea stării circuitelor întreruptoarelor făcîndu-se prin lămpi de semnalizare, iar a separatoarelor prin indicatoare de poziţii rotative.

Controlul, reglajul şi automatizările părţii termomecanice nu sînt centralizate şi se află dispuse local, în apropierea agregatului respectiv. Sistemul de reglare a cazanului este electromecanic.

5. Partea de construcţii

Toate instalaţiile centralei, cu excepţia filtrelor de cenuşe, staţiilor electrice şi transformatoarelor principale, sînt interioare.

Echipamentul termomecanic se găseşte în clădirea principală, o construcţie realizată din stîlpi şi cadre din beton armat. Acoperişul sălii maşinilor şi cel al sălii cazanelor au învelitoarea din elemente de beton prefabricate rezemate pe ferme metalice.

In sala maşinilor se află instalat un pod rulant cu capacitatea 120 t, cu ajutorul căruia se pot manevra toate piesele turbogeneratorului şi se poate efectua decuvarea transformatoarelor, prevăzută a se face într-un spaţiu liber special din capătul sălii maşinilor.

Coşul de fum, unul la cele trei cazane, are o înălţime de 120 m, fiind cel mai înalt coş din prefabricate realizat la noi în ţară.

Staţiile electrice de 35 kV şi 110 kV sînt executate în întregime din prefabricate de beton armat.

Prefabricatele mai sînt de asemenea aplicate la acoperişurile şi planşeele staţiei de descărcare a cărbunelui, corpul anexă, atelierul mecanic, magazia şi clădirea instalaţiei de tratare a apei.

Birourile de exploatare şi camera de comandă, realizate în sistem pavilionar, sînt legate de clădirea principală prin pasarele, la nivelul planşeului comun de deservire (cota 8).

Clădirea principală, inclusiv birourile de exploatare, realizează un indice de volum de 1,41 m³ kW în etapa 150 MW.

Cu aceşti indici, centrala termoelectrică Paroşeni se situează printre cele mai concentrate construcţii energetice de la noi din perioada 1951—1960.

Colonia centralei este aşezată în marginea oraşului Lupeni, la circa 2 km de centrală. In vecinătatea intrării în CTE, s-au construit două blocuri pentru personalul de intervenţie.

6. Instalaţii hidrotehnice

Debitele rîului Jiul Romînesc asigură în anul hidrografic normal necesităţile de apă de răcire pentru o putere de 30 MW. In consecinţă, pentru alegerea schemei de răcire a centralei au intrat în considerare numai sistemul mixt sau sistemul în circuit închis, în care caz s-ar fi preluat de la rîu numai apa de adaos.

Calculele tehnico-economice au indicat că răcirea în circuit mixt este cea mai avantajoasă şi deci captarea şi aducţiunea s-au dimensionat pentru întreg debitul de 15 m³/s necesar la puterea finală din proiec-

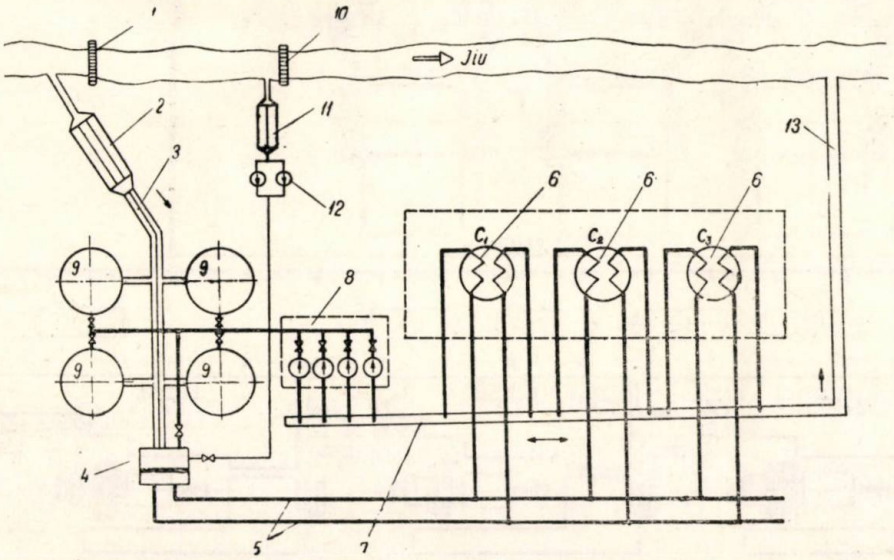


Fig. 9. Schema instalaţiilor hidrotehnice:

1 — barajul; *2* — decantorul; *3* — aducţiunea; *4* — casa sitelor şi bazinul de amestec; *5* — conducte metalice sub presiune; *6* — condensatoare; *7* — canale de apă caldă; *8* — staţia centrală de pompe; *9* — turnuri de răcire; *10* — priza captării secundare; *11* — decantorul captării secundare *12* — pompele captării secundare; *13* — evacuarea apei calde la rîu.

tul inițial. Totodată s-a prevăzut să se construiască pe amplasamentul centralei un număr de patru turnuri de răcire de tip cu tiraj natural, cu coș hiperbolic din beton armat, cu o înălțime de 48 m și o suprafață a bazei de 1520 m², asigurînd fiecare un debit de 9000...12000 m³/h. În condiții economice, un astfel de turn asigură răcirea pentru o turbină de 50 MW.

Panta accentuată a rîului și etajarea amplasamentului pe două terase la nivele diferite a permis să se adopte la centrala Paroșeni o interesantă schemă de răcire care este indicată în fig. 9. Schema se caracterizează prin scurgerea liberă a apei de răcire prin condensatoare și pomparea numai a unei părți din apa caldă spre turnurile de răcire. Barajul de pe rîu este construit la circa 2 km amonte de centrală. Acest baraj, care se găsește însă imediat în aval de orașul Lupeni, trebuie să asigure o ridicare minimă a nivelului apelor mari pe rîu, așa încît să nu provoace prin construirea lui un pericol mărit de inundații. Barajul a fost proiectat de tipul cu vane-segment pe toată lungimea lui, iar comportarea barajului a fost studiată și pe modele în laborator.

Aducțiunea apei din beton armat are forma unui canal închis cu scurgere liberă cu două secțiuni dreptunghiulare lipite alăturat și ajunge pe amplasament pe o terasă superioară. Pe această terasă, care este cu 6,5 m mai înaltă decît cota +0,00 a sălii mașinilor, se găsesc și cele 4 turnuri de răcire.

Apa rîului și apa răcită a turnurilor se amestecă într-un bazin de amestec, care cuprinde și panouri de site pentru reținerea corpurilor plutitoare. Apa, astfel curățită, intră în două conducte metalice sub presiune, care coboară pe terasa centralei și se întind apoi de-a lungul sălii mașinilor, distribuind apa la condensatoare.

Apa caldă la ieșirea din condensatoare este condusă în continuare prin sifonare în puțurile sifon ale canalelor de apă caldă aflate de asemenea în fața sălii mașinilor. În acest fel se folosește complet diferența de nivel creată între bazinul de amestec și nivelul liber al apei în canalul de apă caldă, obținîndu-se o economie serioasă de energie electrică consumată de serviciile interne.

Nivelul apei în canalul de apă caldă se menține constant cu ajutorul unui deversor.

Apa deversată se restituie la rîu printr-un canal deschis.

Diferența de debit între nevoile centralei și debitul preluat de rîu este repompată, cu ajutorul unei stații

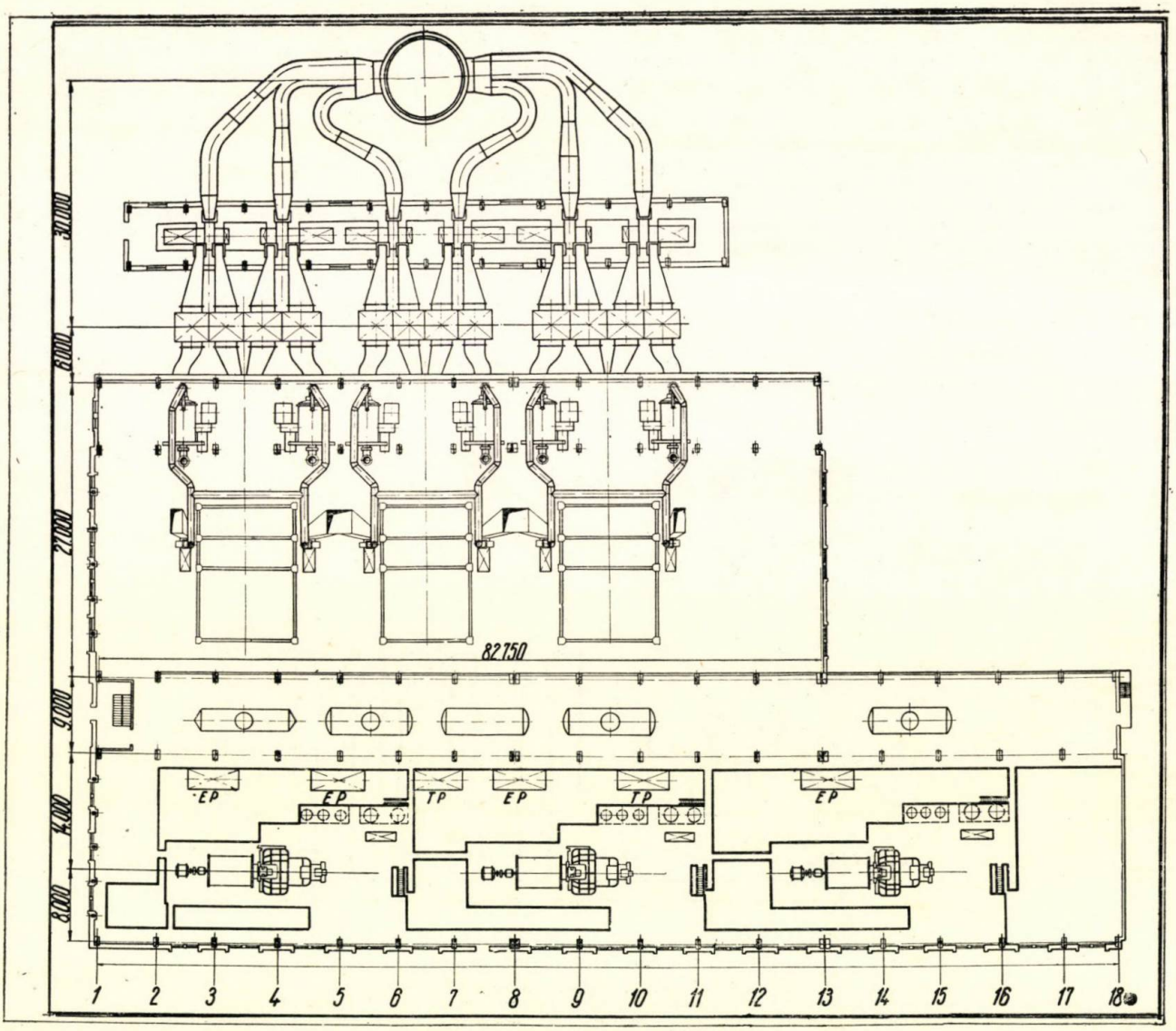


Fig. 10. Planul clădirii principale.

centrale de pompe, fie spre sistemul de răcire al turnurilor, fie spre bazinul de amestec. Pompele staţiei centrale absorb apa din canalul de apă caldă printr-o cameră de sorburi situată în extrema opusă deversorului.

Cu această instalaţie sînt posibile trei regimuri de funcţionare ale sistemului de răcire, şi anume:

a) Răcire prin scurgere liberă în circuit deschis, cu pompele staţiei centrale oprite.

b) Răcire în circuit deschis şi recircularea unei părţi din debit pentru reglarea temperaturii apei reci în timpul iernii, în care caz pompele staţiei centrale refulează spre bazinul de amestec.

c) Răcire în sistem mixt cu refularea apei calde la turnuri.

In staţia de pompe se instalează o singură serie de pompe, care îndeplineşte ambele funcţiuni. Sînt montate două pompe tip 24 NDN cu caracteristici Q = 4000 m³/h, H = 17 m, corespunzător nevoilor de apă ale primului grup şi apoi cîte o pompă 48 D 22 cu caracteristicile Q = 7200 m³/h, H = 20 m pentru grupurile următoare.

Intrucît realizarea lucrărilor pentru barajul şi aducţiunea principală nu se puteau ataca şi termina în termenul de punere în funcţiune a centralei şi întrucît motive de siguranţă cereau existenţa unei surse de apă de rezervă, s-a construit în plus o captare secundară pentru debitul de 0,25 m³/s, extinsă la 0,375 m³/h. Această captare este realizată cu ajutorul unui prag deversor pe Jiu, în amonte de centrală, iar apa, după curăţire într-un mic decantor, este pompată în bazinul de amestec. Cu ajutorul acestei captări secundare, care asigură strict apa de adaos, centrala poate funcţiona şi numai cu răcirea în circuit închis. Construirea captării principale, aşa cum a fost indicată şi de considerentele tehnico-economice, s-a făcut o dată cu instalarea în centrală a celui de-al treilea grup.

7. Desfăşurarea execuţiei lucrărilor de construcţie şi montaj

Aşezarea deosebită a amplasamentului cu dificultăţile sale (denivelări mari ale terenului, existenţa aproape de suprafaţa terenului a apei subterane, agresivitatea apei subterane faţă de betoane) a impus măsuri speciale de organizare a execuţiei lucrărilor.

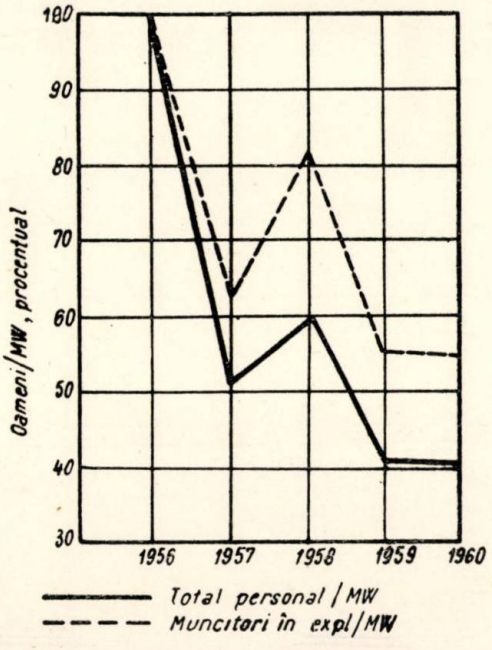


Fig. 11. Dinamica programată de variaţie a personalului centralei.

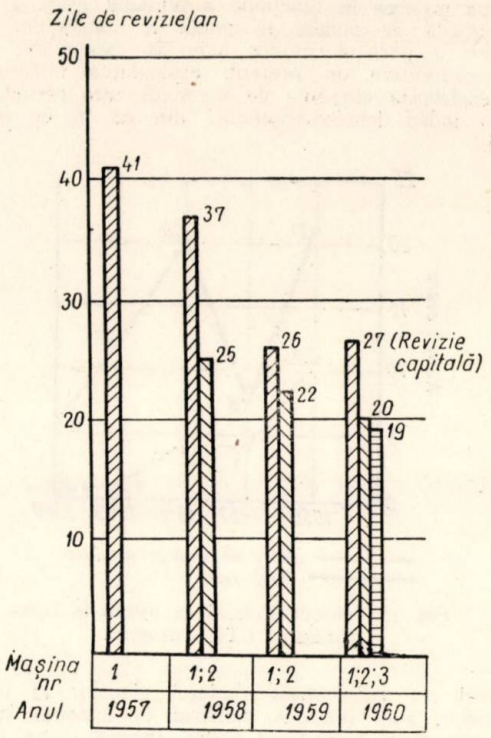


Fig. 12. Numărul de zile de revizie anuală a grupurilor la CTE Paroşeni.

Inainte de atacarea lucrărilor de bază a fost terminată partea socială a şantierului. Au fost apoi atacate lucrările pentru sistematizarea pe verticală a terenului şi în mod special deasupra botului de deal.

Lucrările principale definitive s-au executat într-o perioadă relativ scurtă, ceea ce a condus la realizarea unor cifre valorice globale mari (circa 50 milioane pe an lucrări de construcţii).

Astfel, clădirea principală, camera de comandă, epurarea chimică, complexul construcţiilor pentru gospodăria de cărbune şi altele au fost atacate concomitent.

Un element caracteristic pentru desfăşurarea executării lucrărilor a fost folosirea destul de largă a resurselor şi materialelor locale (agregate, balast, nisip etc.). De asemenea s-au folosit unele metode speciale care au condus la economii de materiale şi utilaje, ca de pildă executarea cu cofraj glisant a soclului coşului de fum, utilizarea în bune condiţii a utilajelor de transport pe orizontală şi verticală (garnituri de vagoneţi şi macarale turn).

Montajul, executat sub supravegherea specialiştilor sovietici, s-a caracterizat prin confecţionarea pe şantier a unui tonaj însemnat de construcţii metalice, livrate de fabrici sub formă de laminate sau semifabricate. In acest fel, volumul montajului a fost mult mărit.

La cazanul nr. 3 al centralei a fost utilizat sistemul de montaj în blocuri mari. Avînd în vedere că sala maşinilor, cu structură din beton armat, a fost ridicată înainte de montajul cazanelor, s-au putut folosi pentru ridicarea pieselor cazanului trolii agăţate de construcţii. In afară de aceasta, a fost montată în sala cazanelor, pe timpul montajului, o macara în formă de ⌜ şi un derrik.

8. Aspecte de exploatare

De la intrarea în funcţiune a primului grup electrogen şi pînă azi, centrala termoelectrică Paroşeni marchează un continuu progres în ceea ce priveşte nivelul calitativ al exploatării.

După punerea în funcţiune a primului grup, a existat o perioadă de punere la punct a instalaţiilor şi de însuşire a particularităţilor sale de exploatare.

In continuare, în prezent, exploatarea îmbunătăţeşte şi completează elemente de instalaţii care permit să se obţină indici tehnico-economici din ce în ce mai ridicaţi.

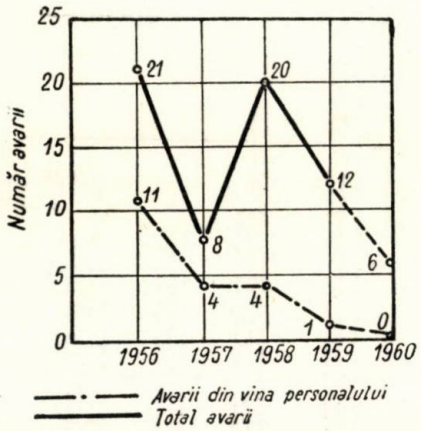


Fig. 13. Numărul anual de avarii la echipamentul CTE Paroşeni.

Astfel s-a automatizat reglajul aburilor la labirinţii turbinelor, s-au introdus comenzi la distanţă la unele vane de abur, comandate iniţial manual, s-au introdus semnalizări suplimentare privind procesul tehnologic (temperatura lagărelor ventilatoarelor, puterea electrică însumată, presiunea gazelor combustibile etc.).

Imbunătăţirea exploatării poate fi urmărită în diagramele caracteristice de funcţionare pe ultimii ani.

In fig. 11 este redată procentual dinamica de variaţie a personalului centralei.

Numărul de zile de revizie pentru fiecare grup a scăzut de asemenea, datorită experienţei dobîndite de personalul de reparaţii, şi acest lucru este arătat în diagrama 12.

Rezultatele pe linie de funcţionare sigură şi economică şi mărirea productivităţii muncii o dată cu reducerea preţului de cost au adus colectivului centralei termoelectrice Paroşeni steagul de întreprindere fruntaşă pe semestrul II al anului 1959. Ridicarea siguranţei exploatării se poate urmări din diagrama din fig. 13, iar indicii de exploatare, randamentul general şi gradul de încărcare anuală a centralei pot fi urmăriţi în diagrama din fig. 14.

Colectivul centralei termoelectrice Paroşeni acordă, pe lîngă problemele de exploatare, o atenţie din ce în ce mai mare pentru ridicarea nivelului profesional al personalului şi îmbunătăţirea mijloacelor de trai.

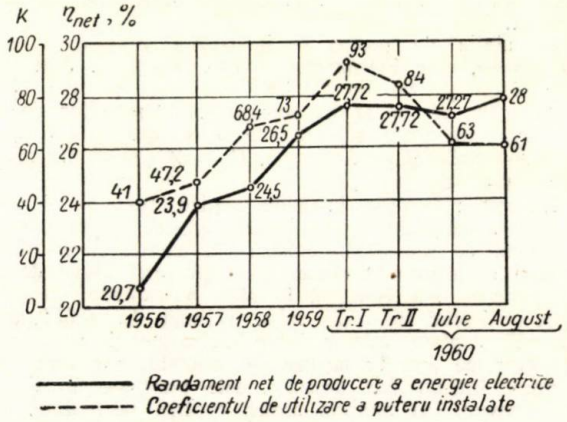


Fig. 14. Variaţia în timp a randamentului general şi a gradului de încărcare anuală.

In cadrul centralei funcţionează patru cursuri de minim tehnic pentru muncitori, iar la cursurile de învăţămînt seral elementar şi mediu participă 87 tovarăşi.

Prin indicii de exploatare realizaţi şi prin nivelul personalului de exploatare, CTE Paroşeni se situează printre unităţile fruntaşe ale sectorului energiei electrice.

Centrala termoelectrică „Steaua Roşie"-Sîngiorgiu de Pădure

Ing. C. CONSTANTINESCU şi ing. A. HAIDU

1. Generalităţi

Centrala termoelectrică „Steaua Roşie" este situată în vecinătatea cîmpurilor gazeifere din centrul Ardealului şi constituie unul din primele obiective importante ale planului de electrificare.

Centrala a fost proiectată, conform celor stabilite în planul de electrificare, pentru combustibil gazos şi anume gaz metan de joasă presiune din cîmpurile de la Viforoasa şi Nadeş.

Puterea finală pentru care a fost proiectată în anul 1951 centrala a fost de 100 MW, instalată în patru grupuri turbogeneratoare de 25 MW fiecare.

În scopul urgentării punerii în funcţiune a primului grup turbogenerator, proiectarea şi construirea centralei s-au făcut în acelaşi timp, iar după punerea în funcţiune a turbogeneratorului nr. 1, construcţia şi montajul s-au făcut în paralel cu exploatarea.

Primul turbogenerator a fost pus în funcţiune în aprilie 1954; următoarele trei grupuri, identice cu primul, au fost instalate pînă în anul 1957 cînd s-a ajuns la puterea de 100 MW proiectată iniţial.

În anul 1957, în urma propunerii bazată pe un studiu tehnico-economic din care rezulta că la CTE „Steaua Roşie" este posibilă extinderea cu 50 MW în condiţii deosebit de avantajoase, a fost hotărîtă extinderea centralei cu un grup de 50 MW. Prin punerea în funcţiune a grupului nr. 5 de 50 MW puterea instalată a centralei a sporit la 150 MW, ceea ce a făcut ca în 1958 CTE „Steaua Roşie" să fie centrala cu cea mai mare putere instalată din ţară.

CTE „Steaua Roşie" este dotată cu echipament sovietic şi la realizarea ei au contribuit specialişti sovietici atît la proiectare cît şi la montajul agregatelor şi la punerea lor în funcţiune.

Proiectarea CTE „Steaua Roşie" a fost făcută în colaborare de Teploelektroproiect-Moscova şi Institutul de Studii şi Proiectări Energetice Bucureşti, contribuţia I.S.P.E. fiind substanţială la partea hidrotehnică şi partea de construcţii.

Colaborarea cu specialiştii sovietici a fost în această perioadă de început o şcoală preţioasă atît pentru proiectanţii noştri cît şi pentru monteurii de pe şantier.

2. Descrierea amplasamentului

CTE „Steaua Roşie" este situată în podişul Transilvaniei, pe malul rîului Tîrnava Mică, într-o regiune de dealuri foarte bogată în zăcăminte de gaz metan.

Apa de răcire se ia din rîul Tîrnava Mică, iar combustibilul — gazul metan (CH_4 în proporţie de 99,2%), cu putere calorifică 8100 kcal/Nm^3 — se aduce prin conducte de la cîmpurile gazeifere din vecinătate.

Solul de fundare al CTE se compune din pietrişuri aşezate pe un strat de marnă impermeabilă, cu adîncimea variabilă. Rezistenţa solului este destul de bună, dar prezintă dezavantajul nivelului relativ ridicat al apelor subterane: — 2,80 m.

3. Schema termică, echipamentul mecanic

Centrala termoelectrică „Steaua Roşie" este echipată cu echipament sovietic, şi anume: patru cazane tip TG-170 de debit 170 t/h şi parametrii aburului 100 ata şi 510°C, patru turbogeneratoare tip VK-25-1 cu caracteristicile aburului la intrarea în turbină de 90 ata şi 500°C şi un turbogenerator VK-50-1 cu aceiaşi parametri. Cazanele sînt cu circulaţie naturală şi 2 tamburi, de tipul de radiaţie cu camera focarului complet ecranată, construite pentru arderea gazului natural. Camera focarului este prevăzută cu două baterii de opt arzătoare. Cazanul are circulaţia de apă împărţită şi în tamburi se realizează sistemul de vaporizare în două trepte. Supraîncălzitorul este compus din serpentine verticale din oţel aliat cu crom şi molibden şi asigură temperatura constantă de 510°C cu ajutorul unui regulator de temperatură de suprafaţă cu ţevi orizontale. Economizorul primeşte apa de alimentare a cazanului preîncălzită la 210°C. Temperatura aerului la intrarea în focar este 240—300°C, asigurată de preîncălzitorul de aer. Construcţia cazanului este cu două drumuri, ieşirea gazelor de ardere din cazan făcîndu-se pe la partea inferioară. Fiecare cazan este dotat cu două ventilatoare de aer de 84 000 m^3/h fiecare şi două ventilatoare de gaze arse de 154 000 m^3/h fiecare.

Turbinele sînt de tipul cu acţiune, cu un singur corp, într-un singur flux, dimensionate pentru o temperatură a apei de răcire de 10°C şi un vid în condensator de 0,036 ata.

Schema de legătură cazan-turbină este sistem bloc, cu bară transversală de ajutor.

Combustibilul unic — gazul metan — este adus prin conducte, trecut prin două staţii de reglare şi măsură a gazului, prima de 50 000 N m^3/h şi a doua de 20 000 N m^2/h ca rezervă a primei şi condus în sala cazanelor prin două conducte ⌀ 500.

Preîncălzirea apei de alimentare se face în cinci trepte.

Degazarea apei se face la 6 ata. Din rezervoarele degazoarelor apa este preluată de pompele de alimentare ale cazanelor şi refulată prin două preîncălzitoare de înaltă presiune, aşezate în serie. Preîncălzitoarele, degazoarele şi vaporizatoarele sînt alimentate de la prizele nereglabile ale turbinelor. Pentru asigurarea presiunii constante la degazoare, degazorul are prevăzută o a doua alimentare de la o instalaţie de reducere — răcire care preia în caz

de sarcină redusă pe turbină abur din conducta principală de legătură a cazanelor.

Pompele de alimentare electrice sînt de tip 5-T-10, cu un debit de 270 m³/h şi o presiune de 150 ata.

Alimentarea celor patru cazane se face cu ajutorul a cinci electropompe şi două turbopompe cu acelaşi debit unitar ca şi electropompele. Conform normelor în vigoare, una din cele 5 electropompe este de rezervă.

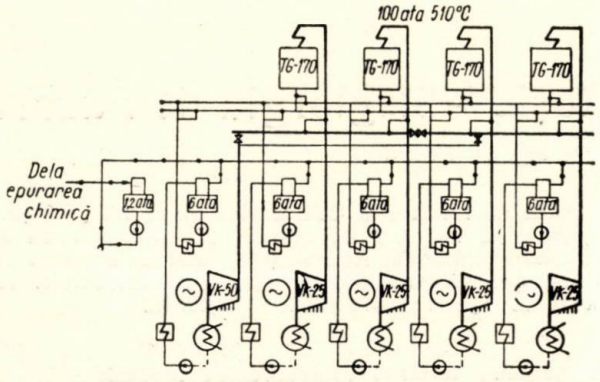


Fig. 1. Schema termică a CTE „Steaua Roşie".

Pentru degazarea apei sînt prevăzute patru degazoare de 6 ata, cu coloane pentru un debit de 150 m³/h fiecare, montate pe rezervoare de 70 m³ fiecare. Pentru rezerva suplimentară de condensat s-au prevăzut ulterior încă două rezervoare de 70 m³ fiecare.

Instalaţia de răcire a lagărelor constă din două rezervoare de 20 m³ fiecare, instalate la cota 20,6 m şi două pompe de 70 m³/h fiecare, instalate la cota ± 0,00 a sălii cazanelor. Pentru reducerea la minimum a pierderilor de condensat şi totodată pentru golirea apei din cazane la revizii s-au instalat două rezervoare la 20 m³ fiecare, aşezate la cota ± 0,00 a sălii cazanelor.

Pentru colectarea apei drenate din punctele joase ale instalaţiilor şi din conductele de abur de joasă presiune şi totodată pentru scurgerea condensatului din instalaţia de pompare, este prevăzut un rezervor de 6 m³ capacitate, instalat într-un cămin în sala maşinilor.

Pentru evitarea pierderilor de condens la pornirea cazanelor s-a prevăzut o instalaţie specială de pornire. Volumul neînsemnat al purjei permite să se facă numai purja periodică.

Pentru prevenirea depunerilor de piatră în cazan se face fosfatarea apei din tamburul cazanului cu ajutorul unei pompe cu piston de 60 l/h şi 1100 m col. apă.

Apa de adaos necesară compensării pierderilor din centrală se prepară în instalaţia de tratare chimică a apei, dimensionată iniţial pentru 30 t/h şi montată într-o clădire special construită. Sursa de apă este rîul Tîrnava. Tratarea chimică se face în sistem continuu prin coagulare, filtrare mecanică şi filtrare Na-cationică.

Datorită durităţii mari a apei şi prezenţei bioxidului de siliciu şi avînd în vedere parametrii înalţi ai aburului, s-a prevăzut prepararea termică a apei de adaos prin instalarea a patru vaporizatoare de 6 t/h fiecare.

Odată cu instalarea grupului de 50 MW, epurarea chimică a fost extinsă la 50 t/h.

În clădirea staţiei de tratare a apei este amplasată şi instalaţia de aer comprimat compusă dintr-un motocompresor de 10 m³/min la 8 at şi un rezervor exterior de 10 m³.

Instalaţiile de depozitare şi regenerare a uleiului de turbină şi transformator sînt centralizate în gospodăria de ulei, care are o parte descoperită şi una acoperită, care adăposteşte filtrele, pompele şi centrifugele.

Automatizarea, controlul termic şi comanda la distanţă au urmărit asigurarea unei exploatări la nivelul tehnicii mondiale. Astfel, s-au prevăzut automatizarea cazanelor şi semnalizarea automată a valorilor limită a parametrilor principali, blocajul de protecţie al serviciilor auxiliare, al cazanelor şi turbogeneratoarelor.

Pentru deservirea utilajului din sala maşinilor s-a instalat un pod rulant cu acţionare electrică, cu sarcina utilă de 50/10 t. De asemenea, pentru degazoare şi ventilatoare s-au instalat monorail-uri de respectiv 3 şi 5 tone.

Instalaţiile mecanice din clădirea principală sînt dispuse în soluţia cu sălile paralele, cu corpul degazoarelor între sala maşinilor şi sala cazanelor. Serviciile interne sînt plasate în corpul degazoarelor la cota ± 0,00.

Grupurile turbogeneratoare sînt plasate cu axul longitudinal paralel cu axa sălii maşinilor. Preîncălzitoarele şi vaporizatoarele sînt plasate în jurul turbogeneratoarelor, fiind deservite de scările şi platformele anexe turbinelor.

În corpul degazoarelor la cota ± 0,00, se găsesc serviciile interne şi transformatoarele acestora, la cota + 7,00 se găsesc conductele principale ale centralei şi instalaţiile de reducere răcire, iar la cota + 16,00 degazoarele.

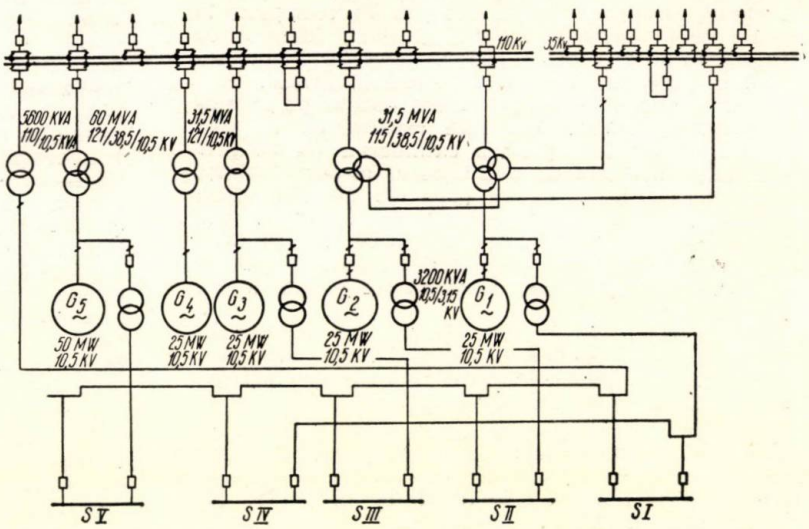


Fig. 2. Schema electrică a CTE „Steaua Roşie".

4. Instalaţiile electrice

Generatoarele electrice montate în prima etapă au puterea de 25 MW, tensiunea de 6,3 kV; cos $\varphi = 0{,}8$ şi se răcesc cu aer.

Tensiunile liniilor de plecare de la centrală sînt 35 kV şi 110 kV. În viitor s-a prevăzut posibilitatea de a se instala pe terenul centralei şi o staţie de 220 kV.

Schema electrică redată în fig. 2 este executată tip bloc generator-transformator. Primele două blocuri au transformatoare trifazate cu trei înfăşurări de 31,5 MVA, 115 ± 2×2,5%/38,5 ± 4×2,5%

/10,5 kV, cu reglaj sub sarcină la 115 kV, puterea înfăşurărilor fiind 100%. (fig. 3).

Transformatoarele grupurilor 3 şi 4 sînt trifazate, cu două înfăşurări de 31,5 MVA 10,5/121 $\pm 2\times 2{,}5\%$ kV, cu reglaj fără tensiune. Nulul înfăşurării de 115 (121) kV al tuturor transformatoarelor este cu izolaţie plină şi este legat direct la pămînt, legătura fiind comutabilă prin separator. Nulul înfăşurării de 38,5 kV este legat la pămînt prin bobină de stingere de 550 kVA 12 A.

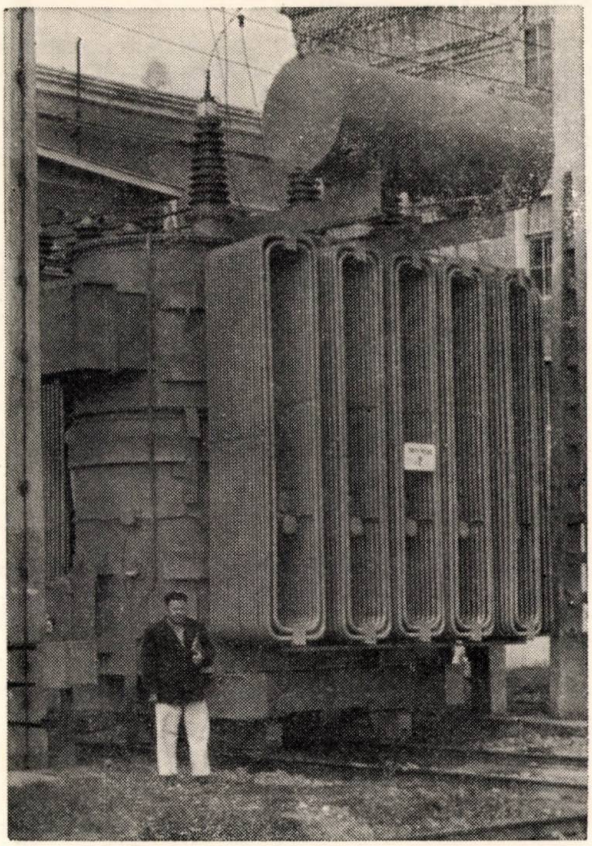


Fig. 3. Transformator de 31,5 MVA.

Staţiile de 110 şi 35 kV au sistem dublu de bare cu cuplă transversală fiecare. Staţia de 110 kV are întreruptoare cu ulei mult de tip MKP 160—600 A, 2500 MVA, prevăzute iniţial cu sistem de reanclanşare automată, monofazată pe plecări, staţia de 35 kV cu întreruptoare cu ulei mult MKP-35-1000 A, 1000 MVA prevăzute cu sistem de reanclanşare automată trifazată pe plecări. Acţionarea întreruptoarelor de 110 şi 35 kV se face cu solenoizi, iar a separatoarelor manual.

Staţiile de 110 şi 35 kV sînt executate de tip exterior semiînalt pe stîlpi de beton armat prefabricat (fig. 4).

Legătura de la generator la transformatoarele blocului se face cu ajutorul unui pod de bare rigid în interiorul sălii maşinilor şi în exterior, printr-o legătură suspendată alcătuită dintr-un fascicol de conductoare flexibile, pînă la cabina de derivaţie, unde se racordează transformatoarele de servicii proprii.

Serviciile proprii ale centralei sînt alimentate la 3 kV şi 380/220 V. Prima tensiune foloseşte pentru motoarele mai mari de 75 kW. Pentru iluminat şi acţionarea unor vane se utilizează tensiunea de 220 V. Reţeaua de iluminat este separată de reţeaua de forţă.

Serviciile proprii de 3 kV aferente blocurilor cît şi cele generale sînt grupate pe secţii, în total 4, corespunzătoare numărului cazanelor, fiecare secţie avînd simplu sistem de bare. Secţiile sînt realizate din celule prefabricate metalice debroşabile, echipate cu întreruptoare cu ulei puţin tip VMG-133-III-600 A. 150 MVA acţionate cu solenoizi.

Alimentarea secţiilor de 3 kV se face cu ajutorul unor transformatoare de 10,5/3,15 kV, legate în derivaţie la blocurile generator-transformator, prin

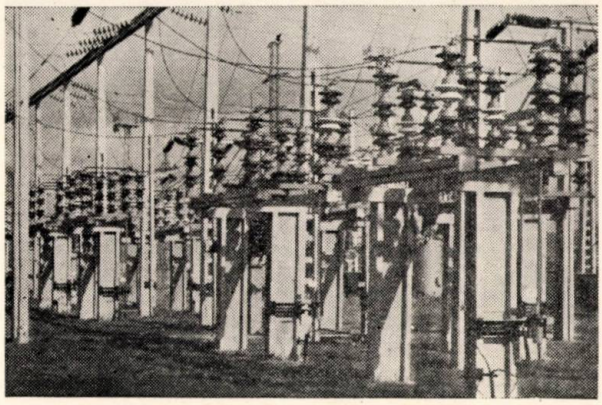


Fig. 4. Vedere a staţiei exterioare de 110 kV.

întreruptoare. Primele două secţii sînt alimentate de la transformatorul de 5,6 MVA al grupului *1* şi la ele se racordează serviciile proprii ale primelor două blocuri, precum şi o parte din serviciile proprii generale. În continuare, secţiile *3* şi *4* sînt alimentate de la transformatoarele de 3,2 MVA ale grupurilor *2* şi *3*. Grupul *4* nu mai are derivaţie pentru alimentarea serviciilor proprii.

Alimentarea de rezervă a fiecărei secţii de 3 kV, precum şi pornirea centralei în caz de oprire totală se fac de la un transformator 110/3,15 kV, amplasat în staţia de 110 kV.

Serviciile proprii de 380 şi 220 V sînt alimentate de la transformatoare în ulei de 3,15/0,4 kV, 320 kVA, prin intermediul tablourilor principale şi secundare, realizate la tablouri metalice deschise sau închise (tip dulap).

Aceste tablouri se găsesc în parte în corpul serviciilor proprii la cota + 0,00, intercalate între secţiile de 3 kV, şi în parte în apropierea consumatorilor principali din clădirea principală sau alte corpuri de clădiri.

Secţiile principale de 380 V au simplu sistem de bare, secţionate longitudinal prin separator în două subsecţii. Fiecare secţie este alimentată de cîte un transformator 3/0,4 kV.

Pentru toate secţiile de forţă şi lumină există un transformator de rezervă comun de 5,6 MVA.

Pentru consumatorii care necesită alimentare fără întrerupere (pompe de ulei de rezervă, circuite de comandă şi protecţie, iluminat de siguranţă etc.) este prevăzută o alimentare în curent continuu de 220 V de la grupuri convertizoare şi 2 baterii de acumulatoare. Bateriile de acumulatoare, amplasate în blocul de comandă, funcţionînd după principiul încărcării continue, sînt în număr de două ; baterie mare tip LS 16 şi bateria mică tip LS 2. Iluminatul centralei este alimentat în mod separat la tensiunea de 220 V, cu excepţia locurilor cu tensiune periculoasă alimentate la 24 şi 12 V.

Comanda instalaţiilor electrice principale, inclusiv a serviciilor proprii de 3 şi 0,4 kV, şi tabloul de curent continuu sînt concentrate într-o cameră de comandă amenajată într-un bloc separat (bloc de comandă), legat de sala maşinilor printr-o pasarelă.

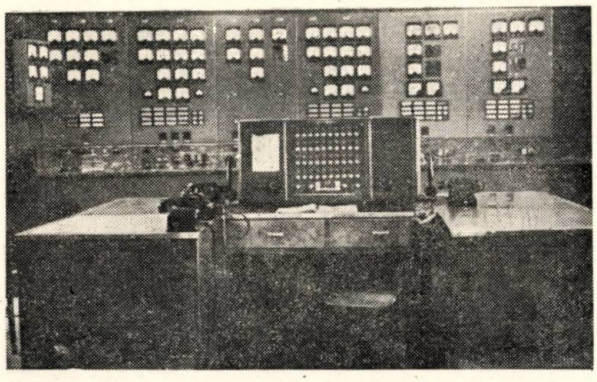


Fig. 5. Vedere din camera de comandă.

În fig. 5 este redată o vedere din camera de comandă.

Panou-pupitrele şi panourile din camera de comandă sînt dispuse într-un contur format din 4 laturi, avînd în faţă elementele de comandă, măsură, semnalizare, iar în spate panouri cu aparate de protecţie, contoare, separatoare, înregistratoare şi de reglaj.

Pe panourile şi pupitrele de comandă este prevăzută o schemă oarbă, indicarea stării circuitelor întreruptoarelor făcîndu-se prin lămpi de semnalizare roşii şi verzi, iar a separatoarelor prin indicatoare de poziţie rotative.

Iluminatul natural al camerei de comandă se face prin ferestrele de pe trei laturi, iar iluminatul artificial prin lămpi cu incandescenţă suspendate cu tije de plafon.

Controlul, reglajul şi automatizările părţii termomecanice nu sînt centralizate şi se află dispuse local, în apropierea agregatului. Sistemul de reglare al cazanului este electric.

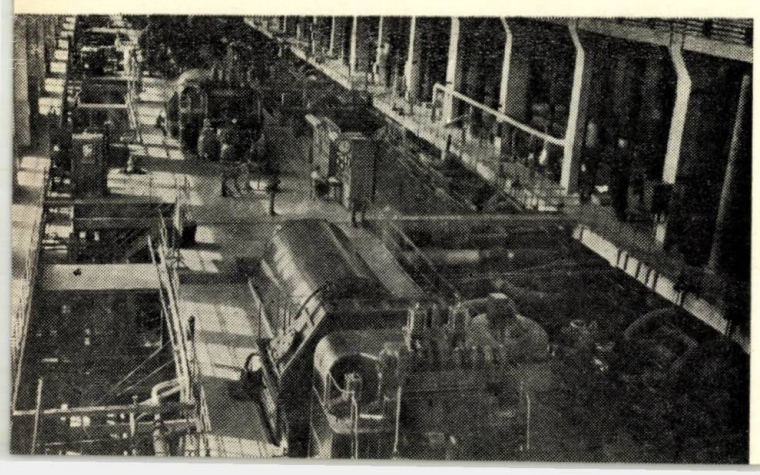
Toate cablurile centralei sînt cu conductoare de cupru, armate. Cele de forţă au mantaua de plumb şi izolaţii de hîrtie, cele de control au izolaţie de cauciuc.

Cablurile centralei sînt pozate în tunele vizitabile, canale şi galerii nevizitabile interioare şi exterioare şi numai în cazuri izolate în şanţuri. Sub nivelul camerei de comandă este construit un pod de cabluri de circuite secundare.

Decuvarea transformatoarelor de forţă ale centralei este prevăzută să se facă în sala maşinilor, într-o travee rezervată la frontul extensibil, cu ajutorul podului rulant.

În prezent se află în studiu amenajarea unei staţii de 35/15 kV pentru electrificări rurale din zona apropiată a CTE. Cu ocazia montării grupului nr. 5 staţia de 110 kV a fost extinsă cu înca 4 celule (15—18).

Fig. 6. Vedere în sala maşinilor.



Ca şi primele grupuri, turbogeneratorul nr. 5 a fost legat bloc cu un transformator 110/10 kV, 60 MVA direct pe barele staţiei de 110 kV.

Pentru alimentarea serviciilor interne aferente grupului nr. 5 s-a amenajat secţia V de 3,15 kV a serviciilor interne alimentată de la acest grup printr-un transformator de 3200 kVA.

Atît serviciile interne cît şi sistemul de comandă au fost extinse după aceleaşi principii ca şi în partea existentă.

5. Partea de construcţii

Proiectele de construcţii au tratat următoarele subiecte mai importante: clădirea principală (sala cazanelor, sala maşinilor şi corpul degazoarelor), camera de comandă, epurarea chimică, atelierul mecanic, clădirea administrativă, staţiile electrice, turnurile de răcire, coşul de fum, blocurile muncitoreşti, grupul social etc.

Clădirea principală a CTE a fost proiectată să adăpostească cele patru cazane, cinci turbogeneratoare, degazoarele şi staţia de servicii interne. Corpul degazoarelor cuprins între cele două săli este construit din cadre de beton armat monolit, acoperit cu plăci prefabricate. De o parte şi de alta a sălii degazoarelor se află sala maşinilor (fig. 6) şi sala cazanelor, acoperite cu plăci de beton prefabricat, aşezate pe ferme metalice ce se sprijină respectiv pe stîlpi de beton armat şi stîlpi metalici din profile compuse. Platformele din jurul cazanelor şi turbogeneratoarelor sînt metalice. De asemeni, ferestrele şi luminatoarele sînt metalice.

Camera de comandă, staţia de epurare chimică a apei şi celelalte clădiri mici ale CTE sînt din cărămidă portantă cu planşee de beton armat. Coşul de fum este înalt de 81 m şi a fost construit din prefabricate de beton (fig. 7).

Staţiile electrice de 35 kV şi 110 kV sînt exterioare pe stîlpi de beton armat.

Blocurile muncitoreşti proiectate de I.S.P.E. sînt de două tipuri, P+3 construite din cărămidă portantă şi planşee de beton armat.

6. Instalaţii hidrotehnice

Apa de răcire a condensatoarelor celor patru turbogeneratoare este luată din rîul Tîrnava Mică. Sistemul de răcire este mixt, deoarece variaţiile de debit ale rîului nu asigură continuu necesarul de apă. Turnurile de răcire hiperboloidale sînt construite din beton monolit şi au o capacitate de 12 000 m^3/h (suprafaţa stropitorilor 1520 m^2) (fig. 8).

Priza de apă este construită pentru 8 m^3/s. Fig. 9 reprezintă barajul.

De la instalaţia de captare apa curge liberă prin canalul de aducţiune deschis de secţiune trapezoidală, construit din plăci de beton, pînă la decantoare, de unde scurgerea continuă în canale închise, pînă la căminele din dreptul sălii maşinilor, de unde pompele de circulaţie absorb apa de răcire necesară condensatoarelor. De la consumatori apa pompată poate fi dirijată spre rîu, spre turnuri sau combinat prin conducte metalice ⌀ 1 000 şi 1 200.

Apa potabilă este captată din pînza subterană şi pompată prin două staţii de pompe (una în incintă şi cealaltă în afara incintei) la cele 2 rezervoare de acumulare de 300 m^3 fiecare.

7. Extinderea

Deoarece deplasarea din Ardealul central a unui excedent de putere dă posibilitatea de utilizare mai bună a acestei puteri în toate direcţiile, constituind o rezervă de putere plasată central, I.S.P.E. a elaborat proiectele de execuţie pentru extinderea CTE

Fig. 7. Coşul de fum.

Steaua Roşie, cu un turbogrup de 50 MW. Proiectele, atît partea de construcţii cît şi partea termoelectrică, au fost întocmite în exclusivitate de I.S.P.E., aceasta fiind primul proiect exclusiv I.S.P.E. pentru un grup de o asemenea putere cu parametrii 90 ata, 500°C.

Utilajul, turbogeneratorul şi echipamentul auxiliar au fost luate de la CTE Paroşeni, unde necesităţile energetice permiteau amînarea dezvoltării centralei conform proiectului. Soluţiile economice adoptate de I.S.P.E., în proiectarea extinderii, au condus la cel mai redus cost specific realizat la centralele construite în anii puterii populare, şi anume 1 000 lei/kW.

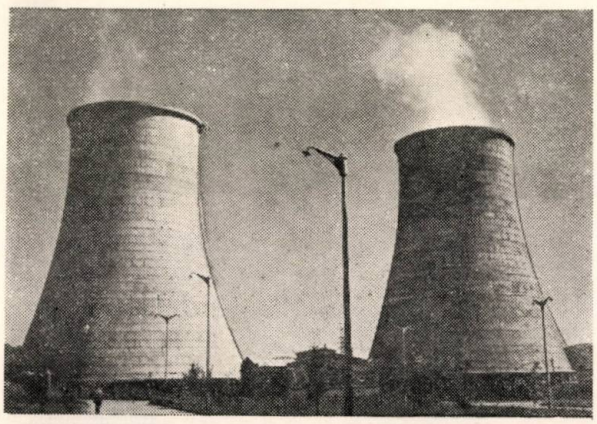


Fig. 8. Turnuri de răcire.

Pe partea termică centrala s-a extins cu turbina nr. 5 de 50 MW, cu condensaţie şi priză de fabricaţie LMZ.

Răcirea condensatoarelor este asigurată prin două pompe de 8 000 m^3/h fiecare. S-a mai instalat de asemenea o pompă de alimentare tip 5-T-10 de 270 m^3/h, cuplată cu electromotor de 2000 kW, un degazor de 6 ata, cu rezervor de 70 m^3 şi un degazor de 1,2 ata pentru apa epurată chimic. S-au extins de asemenea instalaţiile de epurare chimică a apei de la 30 t/h la 50 t/h, aceste lucrări necesitînd şi mărirea clădirii pe partea cu parter.

Instalaţiile din sala de cazane, aşa cum s-a arătat mai înainte, nu au fost extinse, hotărîndu-se a se funcţiona fără cazan de rezervă. Dezavantajele ce ar rezulta din funcţionarea CTE fără cazan de rezervă au fost înlăturate în bună parte printr-o judicioasă programare a reviziilor echipamentelor. Neextinzîndu-se instalaţia de cazane nu a fost necesară nici extinderea instalaţiei de alimentare cu combustibil, adică a staţiilor de reglare a gazului.

Clădirea principală s-a extins numai pe partea sălii de maşini. Degazoarele extinderii au avut spaţiu suficient în clădirea existentă, de asemenea serviciile interne. Aşa cum s-a arătat şi mai înainte a fost necesară mărirea clădirii staţiei de epurare chimică a apei. Celelalte clădiri şi construcţii au rămas la capacitatea lor din etapa 100 MW.

Pe partea hidrotehnică instalaţiile generale de captare, aducţiune-evacuare şi răcire construite în prima etapă au fost suficiente şi pentru extindere. Singurele lucrări ce au fost necesare a se executa aferente grupului 5 au fost conductele de aducţiune şi evacuarea din incinta centralei şi căminul de absorbţie al pompelor de circulaţie.

Una din problemele grele ale montajului grupului nr. 5 a fost ridicarea pe fundaţie a statorului generatorului, piesă în greutate de 76 t. Capacitatea

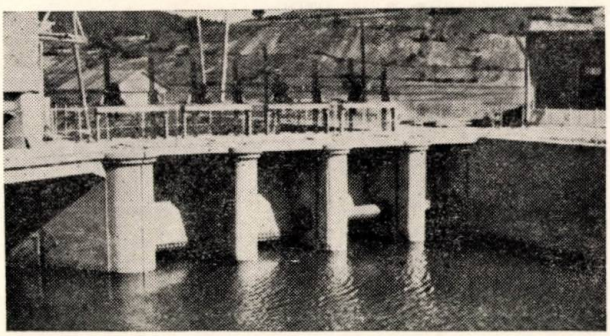


Fig. 9. Barajul.

de ridicare a podului rulant din sala maşinilor fiind de 50 t, a fost necesar a se imagina un dispozitiv de subgrindă care să descompună 76 t în două sarcini mai mici şi cît mai aproape de punctele de sprijin ale podului de clădire. Operaţia a fost executată în bune condiţii.

8. Desfăşurarea executării lucrărilor de construcţii şi montaj

Şantierul a început cu lucrările de organizarea şantierului şi colonia muncitorească. Lucrările principale definitive s-au executat într-o perioadă relativ scurtă, ceea ce a condus la realizarea unor cifre valorice globale anuale foarte mari. Au fost atacate simultan lucrările cu volum mare, clădirea principală, camera de comandă, epurarea chimică, turnul de răcire, coşul de fum etc. S-au utilizat metode moderne de construcţie, realizîndu-se lucrări de

bună calitate. S-au utilizat prefabricate de beton armat la construirea coşului de fum înalt de 81 m, la construirea staţiilor electrice exterioare de 110 kV şi de 35 kV la acoperişuri şi la alte lucrări.

Montajul s-a executat sub conducerea specialiştilor sovietici. În general, confecţiile metalice au fost făcute în atelierele şantierului, ceea ce a mărit considerabil volumul lucrărilor de montaj. Montajul cazanelor s-a efectuat după metode moderne prin preasamblarea de blocuri mari la sol şi ridicarea lor pe fundaţie cu ajutorul macaralelor.

9. Exploatarea

Exploatarea centralei în decursul anilor a întîmpinat unele greutăţi. Dintre acestea pot fi amintite următoarele :

Acoperirea canalelor de la cota + 0,00 a sălii maşinilor şi sălii cazanelor a fost prevăzută a se face cu prefabricate din beton armat. Deoarece manevrarea acestor capace era dificilă şi adesea cauza spargerea lor, s-a proiectat înlocuirea sistemului prevăzut cu plăci din tablă striată.

Datorită creşterii nivelului apei subterane, consecinţă a neetanşeităţii circuitului hidrotehnic şi scurgerilor de apă de răcire din sala de maşini, canalele de cable au fost inundate de apă, punînd în pericol exploatarea. Pentru remedierea situaţiei s-a prevăzut conducerea apei la canalizarea industrială, acolo unde diferenţa de nivel permitea scurgerea, iar pentru restul canalelor s-a construit un rezervor colector la un nivel potrivit, din care cu ajutorul unei staţii de pompe automatizată scurgerile sînt îndreptate spre rîu prin canalizarea industrială.

Pentru preîntîmpinarea pericolului scoaterii din funcţiune a prizei de apă din cauza sloiurilor de gheaţă s-a prevăzut o conductă ⌀ 400 din azbociment, prin care se transportă la nevoie apa caldă de la condensatoare la baraj.

Proiectul tehnic prevedea transportul uleiului de turbină şi de transformator de la rezervoarele de depozitare ale gospodăriei de păcură prin intermediul unei autocisterne de 3 tone.

Deoarece exploatarea nu dispune de autocisternă şi nici nu este raţional să fie dotată, datorită folosirii limitate a ei, s-a întocmit un proiect care prevede transportarea uleiului prin conducte.

Sub aspectul indicilor tehnico-economici CTE „Steaua Roşie“ se prezintă la nivelul centralelor asemănătoare ca putere şi combustibil din U.R.S.S. şi Occident. Această concluzie s-a tras din studierea statisticilor prezentate de V. B. Pacşver în „Indici tehnico-economici la centralele termoelectrice de mare putere“.

Dăm mai jos o serie de indici dintre cei mai recenţi :

Nr. crt.	Denumirea indicilor	U/M	Etapa	
			100 MW	150 MW
1	Personal specific	om/MW	4,8	2,7
2	Nr. ore utilizare	ore/an	6 000	5 680
3	Consum specific	kcal/kWh	3 150	3 115
4	Cost specific pe părţi :			
	— partea de construcţii	%	25	17*
	— instalaţii auxiliare	„	5	28*
	— utilaj termomec. şi electr.	„	56,5	65
	— montarea utilajului	„	7,7	20
	— inventar de producţie	„	0,7	—
	— alte cheltuieli	„	4,8	2,7
5	Vîrful orar	MW	—	150
6	Servicii interne	%	—	6,85
7	Energia produsă anual (1958)	10^6kWh/an	—	852,5
8	Energia emisă anual (1958)	„	—	794,2

* numai extinderea

Centrala electrică de termoficare Borzeşti

Ing. I. BORŞA, ing. I. CIUPULIGA, ing. A. MIŞU

Centrala electrică de termoficare Borzeşti, în prezent cea mai mare CET din R.P.R., se integrează în marele grup industrial Borzeşti în curs de realizare de-a lungul văii Trotuşului, între noul oraş muncitoresc Oneşti şi localitatea Borzeşti. Acest grup cuprinde rafinăria 10, combinatul chimic Borzeşti şi combinatul de cauciuc sintetic.

Scopul centralei este de a asigura prin termoficare căldura şi energia electrică necesară industriilor din grupul industrial, precum şi încălzirea oraşului muncitoresc Oneşti. În acelaşi timp, CET Borzeşti debitează o mare cantitate de energie electrică în sistemul naţional.

Fiind una dintre marile realizări din cadrul primului plan de electrificare a ţării, CET Borzeşti va avea o putere instalată finală de 225 MW, în 3 unităţi de cîte 25 MW şi 3 unităţi de cîte 50 MW, toate cu termoficare, la parametrii de 100 ata, 510°C şi 140 ata, 570°C.

Proiectarea centralei a fost asigurată printr-o colaborare între institutul Teploelektroproiekt din Moscova, în special pentru partea tehnologică, care este livrată din U.R.S.S., şi Institutul de studii şi proiectări energetice din Bucureşti.

Execuţia lucrărilor de construcţii şi montaj s-a făcut şi se face de Trustul de construcţii şi montaje energetice, pentru lucrările de montaj fiind asigurate sprijinul şi îndrumarea din partea specialiştilor sovietici.

Prin producerea combinată de energie electrică şi căldură în termoficare, folosind drept combustibil gazele de sondă din regiune, gazele reziduale rezultate din procesul tehnologic al industriilor, gazul metan şi ca rezervă păcura, CET Borzeşti realizează însemnate economii de combustibil.

Centrala este amplasată, în cadrul grupului industrial, în centrul consumatorilor industriali de căldură şi energie electrică, pe malul drept al rîului Trotuş, pe o terasă a luncii rîului, avînd de o parte rafinăria şi combinatul de cauciuc sintetic şi de cealaltă parte combinatul chimic. Rîul Trotuş asigură apa de răcire necesară centralei.

Execuţia lucrărilor a început în toamna anului 1952 cu lucrările de organizare a şantierului; în anul 1955 a început montajul primului grup cazan-turbină de 25 MW, care a intrat în funcţiune în iunie 1956.

Într-o primă etapă, în 1958, centrala a ajuns la o putere instalată de 75 MW (în grupuri de cîte 25 MW, la 100 ata, 510°C). Faţă de profilul iniţial de 100 MW (4 unităţi de 25 MW), s-a hotărît extinderea după primele 3 unităţi de 25 MW cu agregate mai puternice, de 50 MW, la parametrii 140 ata, 570°C. Cu trei astfel de agregate, centrala va atinge puterea finală de 225 MW.

În martie 1960 s-a pornit primul grup turbogenerator de 50 MW, care funcţionează deocamdată cu cazanele de 100 ata, 510°C ale primelor grupuri. La începutul anului 1961 în urma punerii în funcţiune şi a primului cazan de 420 t/h, 140 ata, 570°C în curs de montaj, debitul instalat de abur va atinge 1050 t/h.

1. Descrierea amplasamentului centralei

Terenul de amplasament al centralei de pe terasa luncii rîului Trotuş, pe malul drept, prezintă următoarea stratificaţie geologică: un strat vegetal de 0,20—0,40 m grosime, un strat de lehm de terasă, impropriu pentru fundări, în grosime de circa 3,00 m şi stratul de pietriş, recomandat pentru fundări, la o adîncime de circa 3,50 m. Roca de bază, recomandată ca al doilea strat de fundare şi constînd din straturi alternate de argile, marne tari, gresii slabe şi conglomerate, se află la o adîncime de 4,50—5,00 m.

Terenul este plan în întinderea suficientă pentru o bună amplasare a tuturor construcţiilor definitive, precum şi a organizării şantierului.

Nivelul hidrostatic al apelor are un caracter variabil cu abundenţa precipitaţiilor şi apare la adîncimea de circa 4,30 m.

Gradul de seismicitate este 7, ceea ce impune măsuri speciale la dimensionarea construcţiilor.

Apa de răcire pentru nevoile centralei, ca şi apa industrială pentru întregul grup industrial, se ia din rîul Trotuş, prin intermediul unui complex de amenajări hidrotehnice. Pentru perioadele de ape mici ale Trotuşului, este în curs realizarea unui lac de acumulare pe rîul Tazlău (lacul Belci).

Combustibilul principal pentru CET este un amestec de gaze de sondă cu o putere calorică inferioară de 9500 kcal/Nm³, gaze reziduale tehnologice, cu o putere calorică de 4500 kcal/Nm³ şi gaz metan cu o putere calorică inferioară de 8100 kcal/Nm³. Pentru vîrfuri şi ca rezervă serveşte păcura, care se aduce pe conductă de la rafinăria învecinată.

Consumul de abur de la CET va creşte în anii 1961—1965 prin intrarea în funcţiune a noi secţii consumatoare la industriile învecinate. De asemenea creşte consumul de apă fierbinte pentru încălzirea oraşului muncitoresc Oneşti.

Industriile mai necesită un debit de 2,5—2,8 m³/s apă industrială, care se asigură din reţelele de apă proiectate şi executate împreună cu cele pentru centrală.

De asemenea CET livrează combinatului chimic cantitatea de 60—80 m³/h apă tratată chimic prin demineralizare totală.

În schimb, CET primeşte de la combinatul chimic circa 1 t/h lapte de var pentru tratarea apei de adaos la cazane, circa 90 m³/24 h hidrogen pentru răcirea generatoarelor şi acidul clorhidric necesar regenerării filtrelor schimbătoare de ioni.

La centrală se întoarce o parte din condensatul aburului tehnologic trimis unităţilor industriale.

2. Schema termică și echipamentul termomecanic

Realizată în două etape, cu agregate de tipuri și parametri diferiți, CET Borzești are o schemă termică urmărind și ea acest mod de dezvoltare.

In prima etapă s-au instalat un cazan tip TM-170, de 170 t/h, și două cazane tip TM-230, de cîte 230 t/h, cu parametrii aburului de 100 ata, 510°C, împreună cu două turbine tip VPT-25-3 cu condensație și două prize reglabile de cîte 25 MW și o turbină tip VR-25-18 de contrapresiune de 25 MW, cu parametrii aburului la intrarea în turbină de 90 ata, 500°C. Prizele turbinelor VPT-25-3 au presiunile de 8-13 ata și 1,2-2,5 ata. Contrapresiunea turbinei VR-25-18 este de 15-21 ata.

Pe partea de abur, se realizează o legătură între cele două etape, prin intermediul unei instalații de reducere-răcire de 140/100 ata, 570°C/510°C.

Apa de alimentare a cazanelor rezultă din amestecul a două circuite principale în degazoarele de 6 ata, și anume: condensatul, reîntors de la industrii și tratat (în special pentru dezuleiere), împreună cu apa de adaos tratată chimic prin procedeul cu mase schimbătoare de ioni, se trece prin degazoarele atmosferice de 1,2 ata, ajungînd apoi la degazorul de 6 ata, prin intermediul pompelor de transvazare; condensatul principal de la turbine, condensatul de la cele trei transformatoare de abur, de cîte 25 t/h, la 13/10 ata și 275/210°C, condensatul de la boilerele de termoficare și cu conden-

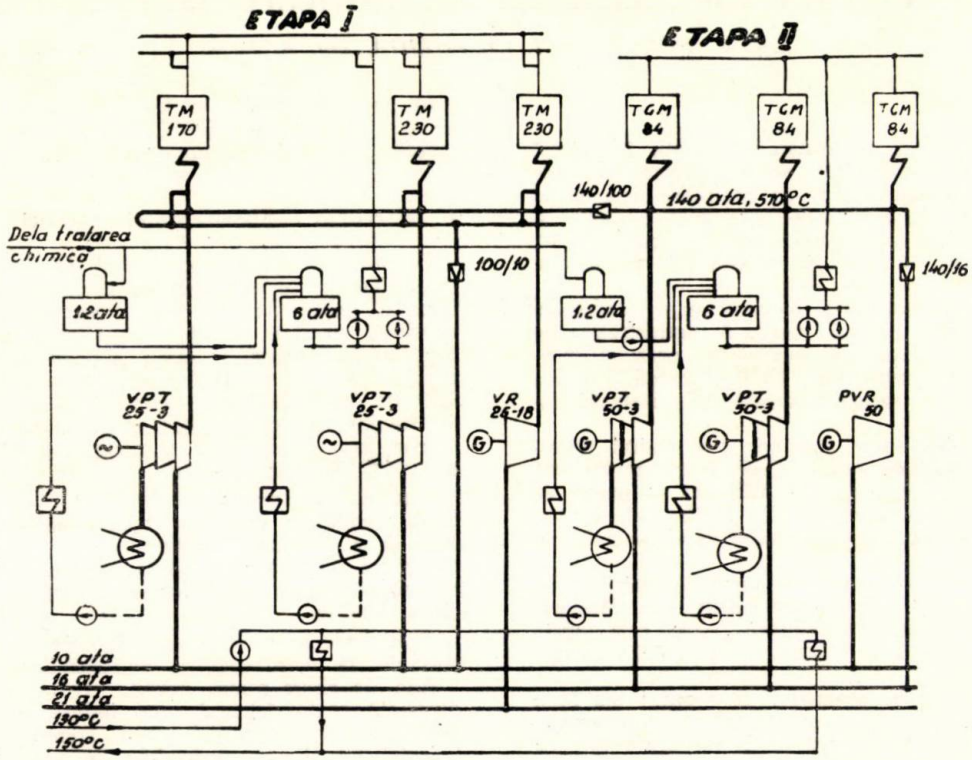


Fig. 1. Schema termică a centralei de termoficare Borzești.

Schema adoptată, pe partea de abur principal, este bloc cazan-turbină cu bară transversală de ajutor.

In fig. 1 este reprezentată schema termică a întregii centrale.

Pentru alimentarea cu apă a cazanelor s-au realizat două colectoare principale în care refulează cele 4 electropompe de alimentare, din care una este de rezervă, de cîte 270 m³/h, la 150 at, și cele 2 turbopompe de alimentare de rezervă de cîte 270 m³/h, la 150 at. Parametrii aburului pentru acționarea turbinelor pompelor sînt 90 ata, 500°C.

Etapa a doua, extinderea centralei, se realizează cu trei cazane tip TGM-84 de cîte 420 t/h, la 140 ata, 570°C, două turbine tip VPT-50-3 cu condensație și două prize reglabile și o turbină tip PVR-50-13 cu contrapresiune, toate de cîte 50 MW, parametrii aburului la intrare fiind 130 ata, 565°C. Prizele turbinelor VPT-50-3 au presiunile de 10—16 ata și 1,2—2,5 ata. Contrapresiunea turbinei PVR-50-13 este de 10-16 ata.

Schema termică a etapei a doua s-a simplificat: pe partea de abur se menține schema-bloc cu bară transversală de ajutor, însă alimentarea cazanelor se realizează printr-un singur colector în care refulează cele 4 electropompe de alimentare, din care una de rezervă, de cîte 500 m³/h, la 180 at. S-a renunțat la turbopompele de alimentare de rezervă.

satul secundar de la preîncălzitoarele regenerative de joasă și înaltă presiune ajung direct în degazoarele de 6 ata.

Pompele de alimentare a cazanelor aspiră din degazoarele de 6 ata și refulează prin preîncălzitoarele de înaltă presiune în colectoarele de alimentare a cazanelor.

Degazarea se face cu abur de la prizele regenerative de 1,2—2,5 ata ale turbinelor și de la expandoarele de purjă treapta *II*, respectiv cu abur de 10—13 ata de la transformatoarele de abur, prizele industriale ale turbinelor și expandoarele de purjă treapta *I*.

Consumatorii de abur se alimentează astfel: cu abur de 10 ata de la transformatoarele de abur și contrapresiunea turbinei tip PVR-50-13, cu abur de 16 ata de la prizele turbinelor *4* și *5* tip VPT-50-3, cu abur de 21 ata de la contrapresiunea turbinei *3* tip VR-25-18 și cu abur de 33 ata dintr-o instalație de reducere-răcire de 100/40 ata. Preluarea vîrfurilor de consum de abur și rezerva pentru siguranța alimentării cu abur a consumatorilor se realizează prin instalațiile de reducere-răcire de 100/13 ata, 40/13 ata, 140/16 ata și prin instalațiile rapide de reducere-răcire de 100/21 ata, 21/10 ata și 140/10 ata.

Apa fierbinte, necesară încălzirii prin termoficare a orașului Onești și a combinatului de cauciuc sintetic, se ob-

ține separat pentru fiecare din cei doi consumatori, cu două grupe de boilere de termoficare, avînd fiecare două boilere de bază de cîte 350 m², alimentate cu abur la

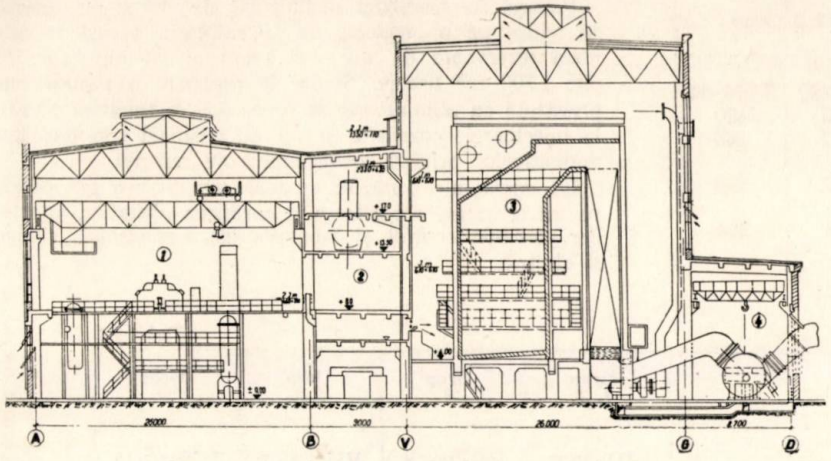


Fig. 2. Secțiune transversală prin clădirea principală (etapa *I*).

1,2—2,5 ata și un boiler de vîrf de 300 m³, alimentat cu abur la 13 ata.

Circulația apei de răcire prin condensatoarele turbinelor se realizează numai prin sifonare, fără pompe; pentru răcirea aerului la grupurile de 25 MW, a uleiului, a lagărelor etc., circulația apei se asigură cu ajutorul unor electropompe.

Dispoziția echipamentului principal în clădirea centralei este următoarea (fig. 2 și 3):

Sala cazanelor cuprinde, într-o construcție complet închisă, cele trei cazane de 100 ata, 510°C, care sînt de radiație și cu circulația naturală a apei. Funcționarea lor inițială a fost pe păcură, făcîndu-se apoi adaptarea pentru a arde gaze și păcură.

Extinderea sălii cazanelor se face într-o soluție constructivă semideschisă, cu peretele din spate al cazanelor de 140 ata, 570°C în exterior. Cele 3 cazane, de radiație și cu circulație naturală, funcționează pe gaze și păcură Caracteristicile principale ale tuturor cazanelor sînt cuprinse în tabela 1.

Nivelul de deservire a cazanelor este la cota +4,00, cu frontul înspre corpul degazoarelor, unde primele trei cazane au dispuse și tablourile de control, comandă și automatizare. La primele trei cazane, ventilatoarele de aer sînt instalate în sala cazanelor la cota ± 0,00, iar într-o construcție închisă paralelă cu sala cazanelor și lipită de ea, s-au instalat ventilatoarele de gaze de ardere.

La cazanele *4*, *5* și *6* preîncălzitoarele de aer, tip Ljungström, ventilatoarele de aer și ventilatoarele de gaze de ardere se instalează în aer liber.

Sala mașinilor va cuprinde cele șase grupuri turbogeneratoare care au caracteristicile cuprinse în tabela 2.

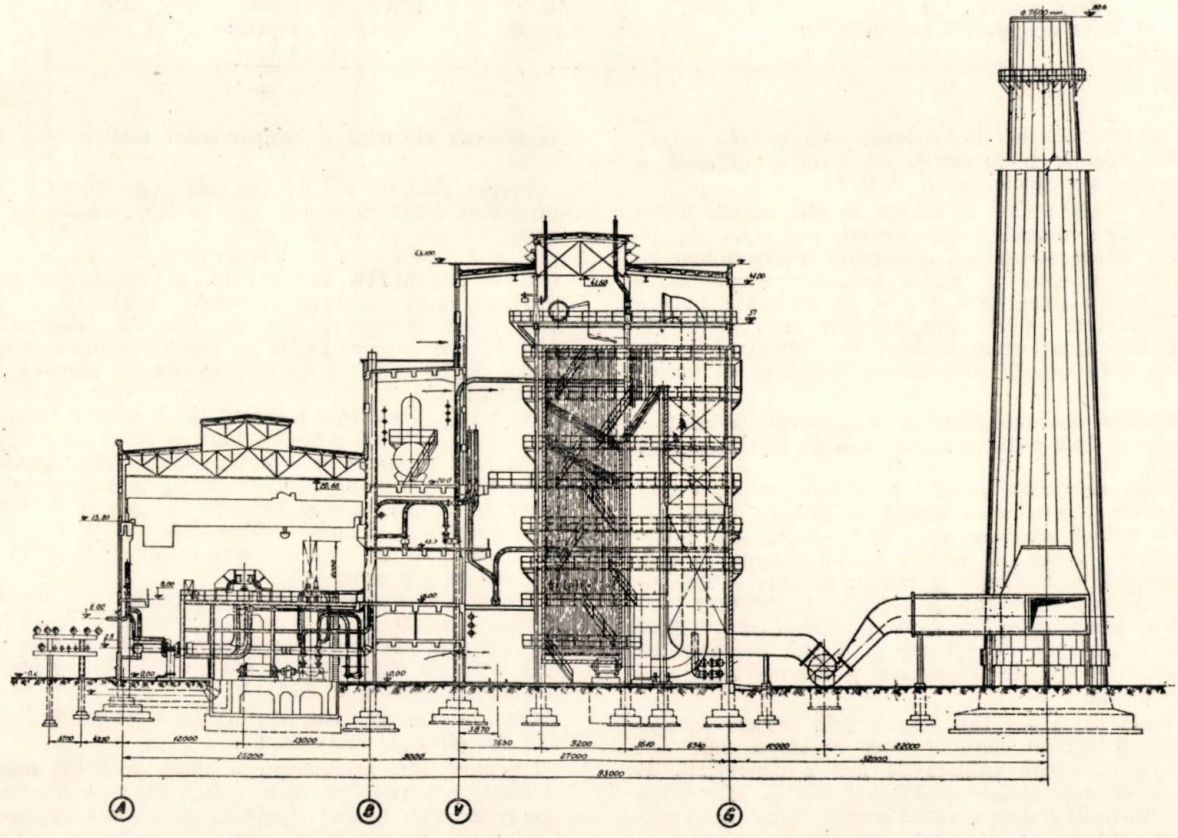


Fig. 3. Secțiune transversală prin clădirea principală (etapa *II*).

Grupurile turbogeneratoare sînt dispuse cu axele paralele cu axa sălii de mașini, avînd generatoarele către front-

Tabela 1

Caracteristici	Cazan *1*	Cazan *2, 3*	Cazan *4, 5, 6*
Tipul cazanului	TM-170	TM-230	TGM-84
Debitul nominal, t/h	170	230	420
Presiunea aburului viu, ata	100	100	140
Temperatura aburului viu, °C	510	510	570
Temperatura apei de alimentare, °C	215	215	234

cu tratare cu var, coagulare, filtrare mecanică, filtre H-cationice, filtre anionice și decarbonatare.

Debitul instalației de tratare a apei prin demineralizare totală va fi de 520 m³/h, ceea ce este un debit foarte important pentru acest fel de instalații.

Păcura, combustibilul suplimentar de vîrf și de rezervă, se aduce pe o conductă de la rafinăria vecină în cele două rezervoare de stoc din beton armat îngropate, de cîte 1 700 m³ fiecare. Stația de pompare a păcurii este prevăzută cu utilajul necesar preparării și trimiterii păcurii la injectoarele cazanelor și s-a dimensionat corespunzător normativelor privind combustibilul de rezervă.

Ca anexe ale centralei se mai amintesc o gospodărie pentru primirea, depozitarea și curățirea uleiurilor, un atelier mecanic central și laboratoarele termotehnic, chimic și electric.

Tabela 2

Caracteristici	Grup *1, 2*	Grup *3*	Grup *4, 5*	Grup *6*
Tipul turbinei	VPT-25-3	VR-25-18	VPT-50-3	PVR-50-13
Puterea nominală, MW	25	25	50	50
Turatia, rot/min	3 000	3 000	3 000	3 000
Tensiunea generatorului, kV	6,3	6,3	10,5	10,5
Răcirea generatorului	aer	aer	hidrogen	hidrogen
Parametri abur viu :				
presiunea, ata	90	90	130	130
temperatura, °C	500	500	565	565
capacitatea maximă la admisie, t/h	184	273	337	360
Priză reglabilă de încălzire :				
presiune, ata	1,2—2,5	—	1,2—2,5	—
debit maxim, t/h	100	—	160	—
Priza reglabilă industrială sau contrapresiune:				
presiune, ata	$10 \pm \frac{3}{2}$	18 ± 3	13 ± 3	13 ± 3
debit maxim, t/h	130	273	230	360
Prize nereglabile regenerative	3 prize	—	4 prize	2 prize

tul fix al sălii. Nivelul de deservire este la cota +8,00, unde sînt dispuse și tablourile de control, comandă și automatizare ale grupurilor *1*, *2* și *3*.

La cota ±0,00 a sălii de mașini se află anexele turbogrupurilor, ca : pompele de condensat, instalațiile de circulație și răcire a uleiului, instalațiile preîncălzitoarelor regenerative de joasă și înaltă presiune, instalațiile de hidrogen pentru grupurile *4*, *5* și *6*. De asemenea, în sala mașinilor la cota ±0,00 sînt instalate pompele de alimentare, transformatoarele de abur cu o platformă de deservire la cota + 5,00 și instalația boilerelor de termoficare.

Manipularea echipamentului în sala mașinilor se face cu ajutorul a două poduri rulante, unul de 75/15 t și unul de 30/5 t.

Intre sala de cazane și sala de mașini se află corpul degazoarelor, în care s-au dispus, la diverse nivele, următoarele servicii auxiliare ale CET : la cota + 0,00 stațiile de 6 kV și 0,4 kV pentru servicii interne, la cota + 5,40 tunelul de ventilație și cabluri, la cota + 8,00 instalațiile de reducere-răcire și rețeaua de conducte magistrale cu diverse racorduri. Cota + 13,50 și cota + 20,00 cuprinde degazoarele de 1,2 ata și 6 ata, împreună cu rezervoarele de apă de alimentare și diverse magistrale de abur și apă.

Apa brută se ia din rîul Trotuș, prin rețeaua de apă de răcire, și are un conținut total de săruri între 570 și 920 mg/l. Această calitate de apă a determinat, în cadrul extinderii cu cazane de 140 ata, 570° C, schimbarea soluției inițiale de tratare chimică a apei de adaos cu pretratare cu var, coagulare, decantare, filtrare mecanică și tratare Na-cationică în soluția de demineralizare totală

3. Schema electrică și echipamentul electric (fig. 4)

Partea electrică a CET Borzești cuprinde ca instalații principale 3 generatoare de cîte 25 MW, 6.3 kV, cos φ 0,8 răcite cu aer în circuit închis, care debitează pe barele unei stații principale de distribuție de 6,3 kV ; 3 generatoare de cîte 50 MW, 10,5 kV, cos φ 0,8, răcite cu hidrogen, din care două debitează pe barele de 110 kV și 35 kV prin două transformatoare de cîte 75 MVA, 110/35/10,5 kV, iar unul pe barele de 110 kV printr-un transformator de 75 MVA ; 2 transformatoare de cîte 31,5 MVA, 110/35/6,3 kV.

Stația de 6 kV este realizată pe 3 nivele : la un etaj se găsește sistemul dublu de bare colectoare, sistemul de lucru fiind secționat în 3 secții, corespunzător generatoarelor, cel de rezervă fiind continuu, și separatoarele de bare. Intrerupătoarele și bobinele de reactanță, montate pe fiecare fider, pentru limitarea sub 200 MVA a puterii de scurtcircuit în rețeaua consumatorilor de 6 kV sînt montate la alte etaje.

Secția a *II*-a a stației de 6 kV poate lucra nesincron. Secțiile *I* și *III* se leagă cu barele stațiilor de 35 kV și 110 kV prin cîte unul din transformatoarele trifazice de 31,5 MVA cu reglaj sub sarcină pe 115 kV și reglaj fără tensiune pe partea de 38,5 kV.

Celulele sînt de construcție metalică cu pereți despărțitori din plăci de azbociment.

Legătura între generatoare și stația de 6 kV, respectiv la transformatoare (grupurile *4*, *5* și *6*), se realizează prin poduri de bare în sala mașinilor și legături flexibile din conductoare în exterior. Generatorul *1* este legat prin cablu cu stația de 6 kV.

Stația de 35 kV, destinată distribuției la consumatorii industriali învecinați și în regiune și legării la sistemul regional de 35 kV, este prevăzută cu dublu sistem de bare colectoare nesecționate și cu cuplă transversală cu întreruptor. Întreruptoarele sînt cu aer comprimat, tip VVN-35, 600 A, 1 000 MVA, acționate cu aer comprimat de 20 at. Separatoarele sînt acționate manual, din stații.

Stația de 110 kV, destinată legării CET la sistemul energetic național și alimentării radiale a unor centre importante din Moldova, este prevăzută cu dublu sistem de bare colectoare nesecționate și cuplă transversală cu întreruptor. Ca și stația de 35 kV, stația de 110 kV este de tip exterior semiînalt, cu suporți și cadre de beton armat prefabricat.

secundare de la fața locului, Separatoarele tuturor circuitelor se acționează de la fața locului, semnalizarea făcîndu-se pe tabloul principal de comandă prin indicatoare de poziție.

Protecția prin relee a stațiilor de 35 și 110 kV și a circuitelor principale ale stației de 6 kV este instalată în camera de comandă; protecția fiderelor de 6 kV este instalată în stația de 6 kV.

Camera de comandă este amplasată în blocul de comandă, avînd dedesubt podul cablurilor; legătura cu sala mașinilor se face printr-o pasarelă la cota + 8,00.

Panourile-pupitre și panourile din camera de comandă sînt dispuse într-un contur format din 3 laturi avînd în față elementele de comandă, măsură și semnalizare, iar

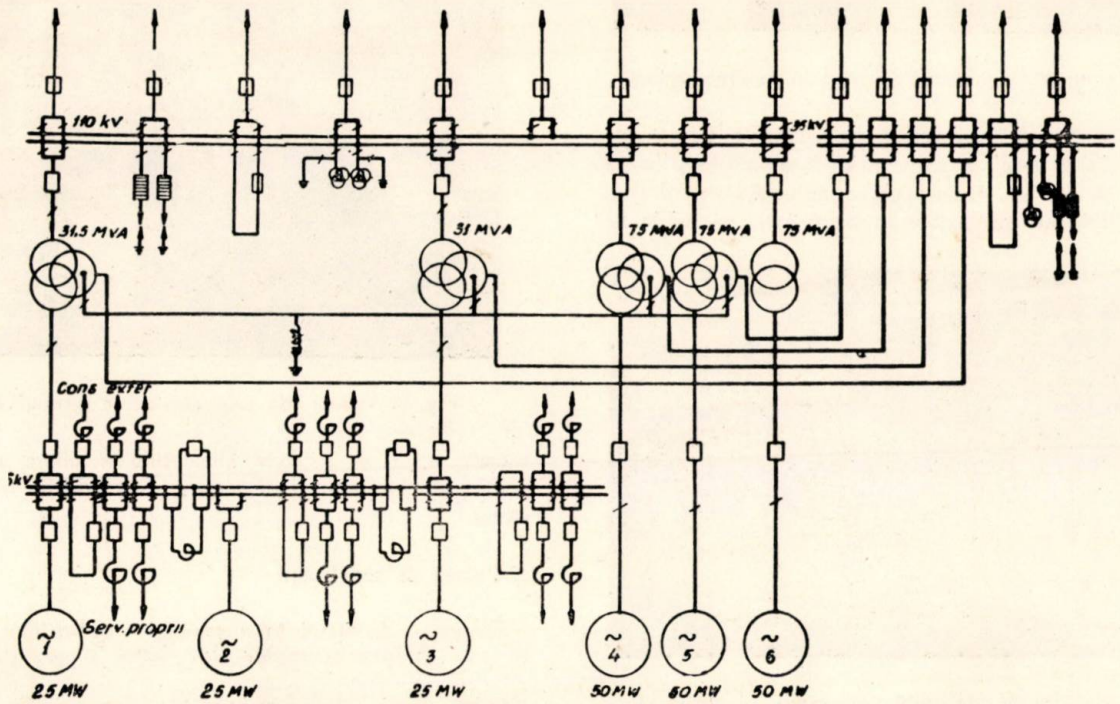


Fig. 4. Schema electrică a centralei de termoficare Borzești.

Alimentarea serviciilor interne de curent alternativ ale CET se face la tensiunile de 6 kV pentru electromotoare peste 200 kV și la 380/220 V pentru celelalte electromotoare.

Pentru alimentarea în 6 kV sînt prevăzute secții cu simplu sistem de bare în număr corespunzător cazanelor. Cîte două secții sînt alimentate prin fidere cu întreruptoare și bobină de reactanță de la barele stației principale de distribuție de 6 kV, de la cele trei secții ale acesteia. Alimentarea de rezervă se face tot de la stația principală de 6 kV.

Secțiile de servicii interne de 6 kV sînt realizate din celule prefabricate metalice debroșabile, cu întreruptoare tip VMG-133 cu ulei puțin, acționate cu solenoide.

Secțiile de 380/220 V, în număr mai mic decît cazanele, sînt alcătuite din cîte două semisecții, legate prin separator normal închis; o semisecție se leagă la transformatorul normal 6/0,4—0,231 kV, de 560 kVA, iar cealaltă la transformatorul de rezervă 6/04—0,231 kV, de 560 kVA.

Serviciile interne de curent continuu sînt alimentate la tensiunea de 220 V, din două baterii de acumulatoare, una pentru 100% sarcină și o baterie mică pentru 60% sarcină.

Comenzile întreruptoarelor tuturor circuitelor stațiilor de 6, 35, 110 kV, ca și ale elementelor principale ale secțiilor de servicii interne de 6 și 0,4 kV, se fac centralizat, de la tabloul principal de comandă.

Comenzile întreruptoarelor electromotoarelor principale se fac de la secțiile tehnologice, iar ale electromotoarelor

în spate partea de protecție, contorizare, înregistrare și reglaj (fig. 6 și 7).

CET Borzești este prevăzută cu un volum apreciabil de automatizări: reglajul automat rapid al tensiunii generatoarelor cu regulatoare cu amplificatoare magnetice, dezexcitare rapidă, forțarea excitației generatoarelor, an-

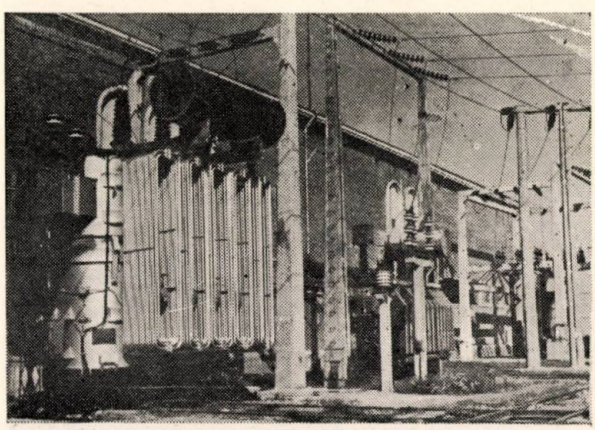


Fig. 5. Transformatorul de 31,5 MVA și vedere parțială a stației de conexiuni.

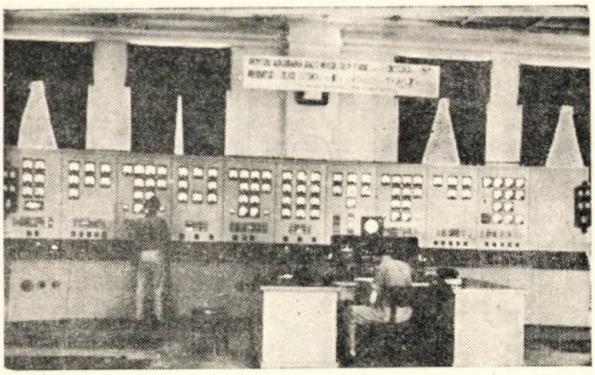


Fig. 6. Camera de comandă (panourile generatoarelor).

clanşarea automată a rezervei la serviciile interne de înaltă şi joasă tensiune, reanclanşarea automată trifazică pe liniile de 35 kV, reanclanşarea automată monofazică, cu posibilitate de funcţionare în două faze, pe liniile de

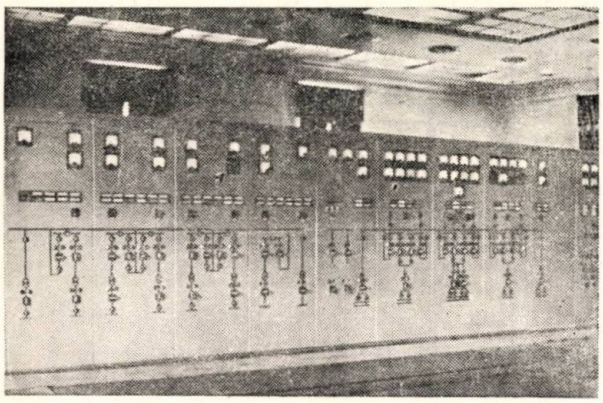


Fig. 7. Camera de comandă (panourile plecărilor şi serviciilor interne).

110 kV, descărcarea automată de frecvenţă pe fiderele de 6 kV, sincronizare automată.

In etapa *I*, controlul, reglajul şi automatizările părţii termomecanice nu sînt centralizate şi se află dispuse local, în apropierea agregatelor. Sistemul de reglare este

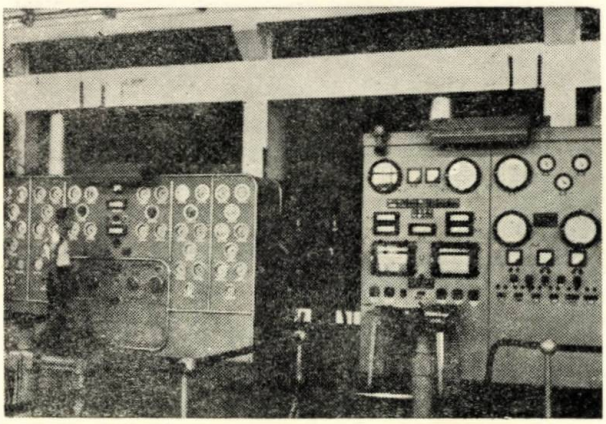


Fig. 8. Tabloul de control (stînga) şi comandă (dreapta) al unei turbine tip VPT—25—3.

electric. Fig. 8 reprezintă tabloul de control şi comandă al unei turbine VPT-25-3.

In cadrul extinderii se realizează în corpul degazoarelor la cota + 8,00 o cameră de comandă termică, pentru conducerea centralizată şi automată a agregatelor. In camera de comandă termică se amplasează panourile şi pupitrele cu aparate de control, reglaj automat şi comandă la distanţă pentru cazanele *4*, *5*, *6* şi grupurile turbogeneratoare *4*, *5*, *6*, inclusiv instalaţiile auxiliare aferente: pompe de alimentare, degazoare, instalaţii de reducere-răcire.

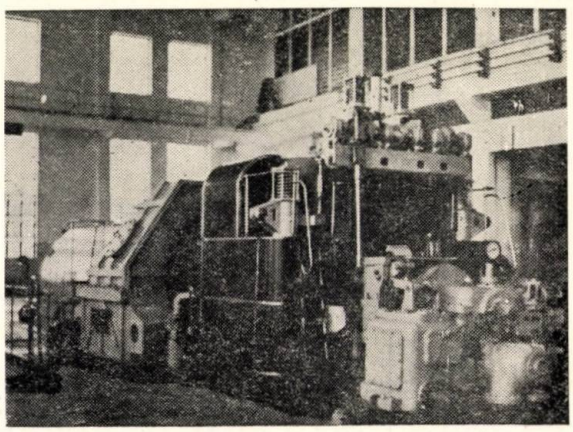


Fig. 9. Vedere din sala maşinilor (grupul *1*).

4. Partea de construcţii

Elementul dominant în ansamblul construcţiilor centralei este clădirea principală. In planul acestei clădiri se

Fig. 10. Clădirea tratării chimice a apei de adaos.

disting următoarele încăperi mari: sala maşinilor, corpul degazoarelor, sala cazanelor şi a ventilatoarelor de gaze de ardere.

Sala maşinilor are 25 m deschidere şi 24,60 m înălţime (fig. 9).

Construcţia are stîlpi din beton armat şi zidărie de umplutură la pereţii de capăt şi cel exterior. Fermele metalice ale acoperişului, pe care reazemă plăci prefabricate,

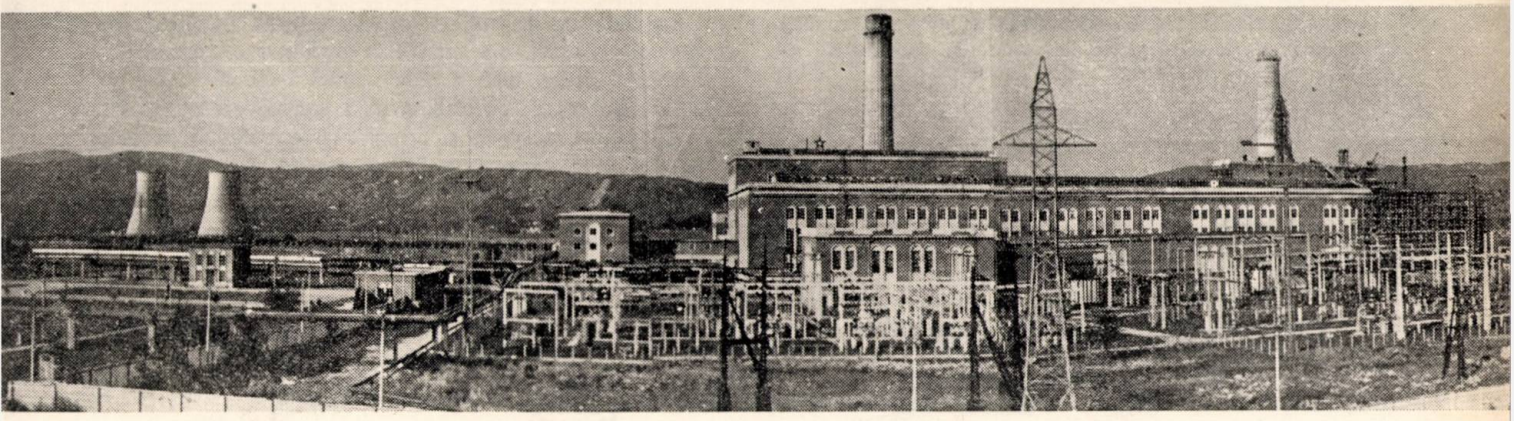


Fig. 11. Vedere de ansamblu a centralei Borzeşti.

sînt susţinute de stîlpi de beton şi structura de rezistenţă tot din beton armat a corpului degazoarelor.

Planşeul de deservire este la cota + 8,00.

Ca finisaje se distinge cota + 8,00, unde s-au realizat pardoseli de mozaic în carouri şi placaj de faianţă pe pereţi şi stîlpi.

Corpul degazoarelor, situat între sala maşinilor şi sala cazanelor, s-a realizat ca o construcţie pe 5 nivele : canale de cabluri, sala serviciilor interne, galeria de ventilaţie şi cabluri, instalaţii termomecanice şi degazoare şi rezervoare.

Corpul degazoarelor este o construcţie cu schelet din beton armat monolit, care formează elementul principal de rezistenţă la forţe transversale al clădirii principale.

In plan, construcţia are 9,00 m deschidere, înălţimea fiind egală cu aceea a sălii maşinilor.

Lipită de corpul degazoarelor este sala cazanelor care are 25,00 m deschidere şi 33,50 m înălţime pentru etapa *I* de dezvoltare a centralei. Scheletul de rezistenţă este tot din beton armat, iar fermele sînt metalice. Zidăria exterioară are 25 cm grosime.

Pe cealaltă latură lungă a sălii cazanelor se află sala ventilatoarelor de gaze de ardere, cu o deschidere de 9,00 m şi înălţimea de 12,00 m, construită tot pe schelet de rezistenţă de beton cu acoperiş din beton armat monolit, zidul exterior de umplutură avînd 37,5 cm grosime. In extindere, sala cazanelor se realizează cu perete exterior la linia peretelui din spate al cazanelor, acoperişul sprijinind pe scheletul de rezistenţă al cazanelor, care preia atît sarcinile provenind din pereţi şi acoperiş, cît şi pe cele din vînt.

Ventilatoarele de aer şi gaze de ardere se montează la exterior, necesitînd doar fundaţii şi un schelet din beton armat pentru calea de rulare a podului ce deserveşte acest echipament.

Ca aspect exterior, clădirea principală are un soclu din similipiatră înalt de 4,00 m, terminat cu un profil uşor. Registrul superior, dominant, este din cărămidă aparentă, limitat la partea superioară cu cornişa puternic profilată şi atic tencuit. Ancadramentele golurilor, executate cu profil tras cu praf de piatră, măresc efectul plastic al faţadei.

Clădirea este legată prin pasarele cu blocul de comandă şi corpul anexă.

Ca anexe ale centralei se amintesc :

Corpul anexă, care cuprinde birourile tehnice şi administrative şi o serie de anexe.

Cum prin amplasarea ei clădirea se proiectează pe frontul definitiv al clădirii principale, se regăsesc pe faţadele ei aceleaşi elemente, mai detaliate, cu o cornişe şi elemente decorative care marchează caracterul specific al construcţiei.

Blocul de comandă, avînd în continuare staţia de distribuţie de 6 kV, este situat între clădirea principală şi staţiile exterioare de distribuţie.

Clădirea tratării chimice a apei de adaos (fig. 10) este o construcţie în două corpuri, din care unul cuprinde încăperile necesare exploatării şi s-a realizat pe două nivele, iar celălalt, pe un nivel, cuprinde instalaţiile de tratare a apei.

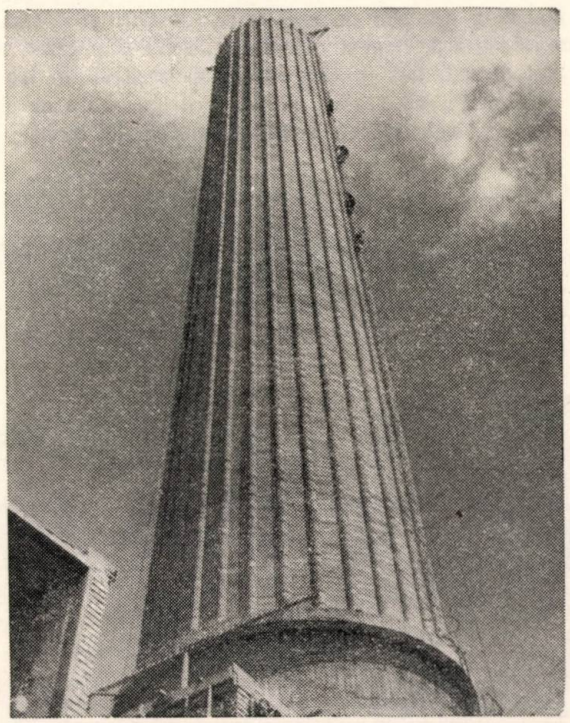


Fig. 12. Coşul nr. 2 de 80 m, în fază de construcţie.

Celelalte clădiri anexe, ca: atelierul mecanic central, gospodăria de ulei, magazia de materiale, pichetul de incendiu, corpul de trecere, sînt construcții din zidărie portantă.

Fig. 11 reprezintă o vedere de ansamblu a centralei. În fig. 12 este reprezentat coșul nr. 2, în fază de construcție.

La alegerea schemei pentru alimentarea cu apă de răcire a centralei, s-a urmărit o exploatare economică și folosirea pantei mari a rîului, astfel încît să nu fie necesare pompe de circulație pentru apa de răcire.

Condițiile geologice și topografice au stabilit amplasamentul unui baraj de deviere a apelor la priză, la orice

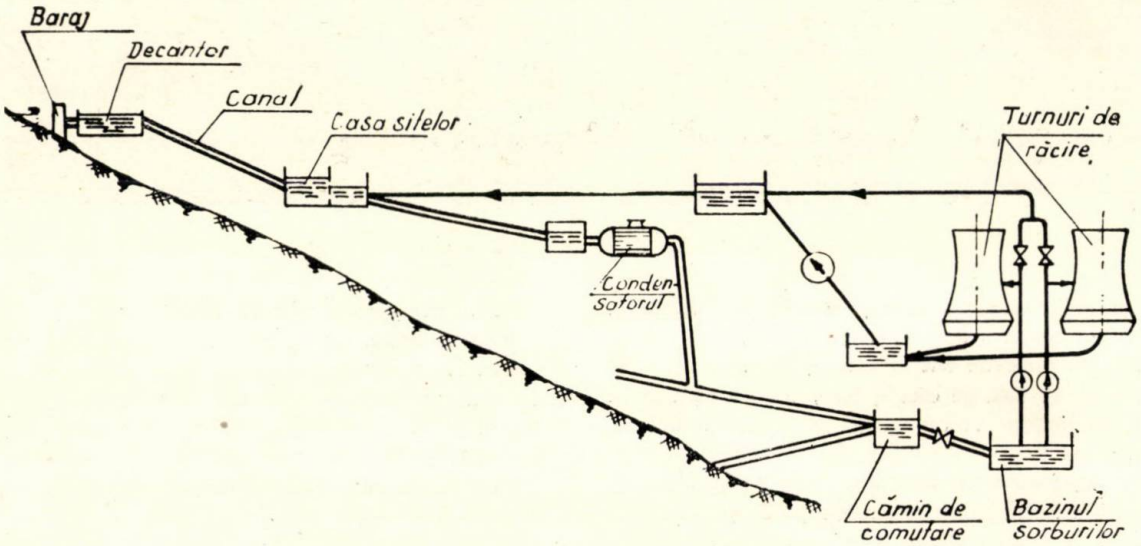


Fig. 13. Schema instalațiilor hidrotehnice.

5. Circuitul hidrotehnic (fig. 13)

Circuitul hidrotehnic este conceput după o schemă care asigură alimentarea cu apă de răcire a CET și cu apă industrială a întregului grup industrial, întrucît, față de necesarul de apă relativ mare și debitul insuficient al sursei în anumite perioade, se impune o repartizare coordonată a debitelor de apă la consumatori și o exploatare economică. Pentru asigurarea debitului necesar consumatorilor, a fost necesar să se realizeze și un lac de acumulare pe rîul Tazlău, la Belci, cu un volum de circa 10 mil m³, legat la rîul Trotuș, în amonte de baraj.

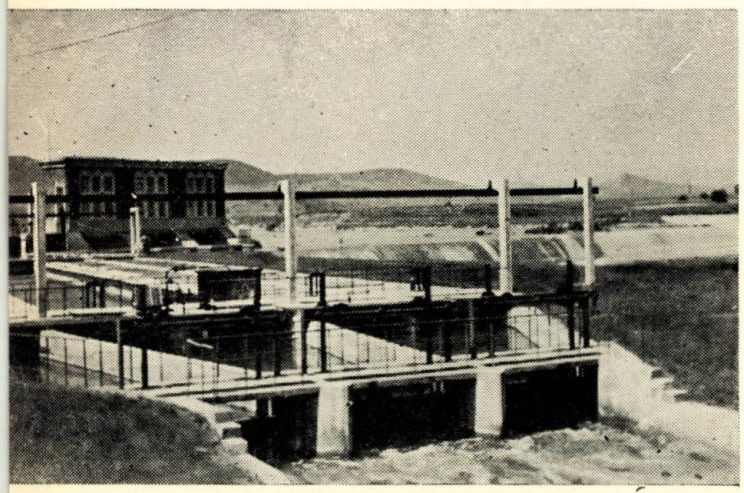


Fig. 14. Vedere din aval către baraj și denisipator.

nivele ale apei în rîu, la circa 5 km amonte de CET (fig. 14).

Apa captată în priză intră în denisipator, unde se depun particule mai mari de 0,2 mm. Prin aducțiunea deschisă de 3,3 km lungime, apa ajunge la casa sitelor, instalație impusă de cantitățile mari de materii plutitoare care nu se decantează. Casa sitelor s-a amplasat astfel ca să constituie și camera de încărcare a conductei de aducțiune spre centrală.

Aducțiunea este o conductă de beton cu diametrul de 2 550 mm, avînd o lungime de 800 m. Ea are o derivație directă spre rafinărie și racorduri la combinatul chimic, prin cele două bazine de încărcare amplasate în fața centralei.

Din bazinul 2 de încărcare pornesc două conducte ⌀ 1 600 mm, aducînd apa de răcire la condensatoarele turbinelor.

Apa caldă se evacuează la rîul Trotuș prin intermediul unor cămine de sifonare.

Schema generală de mai sus s-a completat cu o schemă de recirculare a apei de la CET în perioade cu debite mici ale sursei de apă. La punctul de vărsare a canalelor de apă caldă în rîu s-a prevăzut un cămin de comutare, care permite devierea apei spre turnurile de răcire. Aici este o stație de pompare echipată cu patru pompe care ridică apa la două turnuri de răcire hiperbolice de cîte 10 000 m³/h fiecare și patru pompe care ridică apa răcită într-un cămin de echilibru, de la care pleacă o conductă de aducțiune care aduce apa la CET.

Sistemul de răcire a apei a suferit modificări de soluție pe parcursul dezvoltării și precizării profilului centralei. Astfel, în prima etapă, răcirea apei se prevedea să se facă în bazine de stropire, amplasate în imediata apropiere a centralei. O dată cu stabilirea profilului CET la

225 MW, s-a adoptat soluția cu turnuri de răcire. De asemenea s-a renunțat la captarea secundară de rezervă.

6. Realizarea lucrărilor de construcții și montaj

Datorită faptului că centrala a fost prima lucrare care trebuia executată în cadrul complexului industrial, organizarea execuției lucrărilor s-a dezvoltat independent de celelalte industrii. Se remarcă o etapizare a lucrărilor prin aceea că s-a început cu execuția lucrărilor provizorii necesare șantierului de construcții și apoi a celor necesare șantierului de montaj.

In planul de organizare apare de asemenea o distincție netă între lucrările provizorii legate direct de execuția lucrărilor și cele pentru cazarea personalului. Au fost executate lucrări în incinta șantierului: magazii, depozite, ateliere și lucrări impuse de cazarea personalului și nevoile social-culturale: colonia provizorie cu dormitoare, cantină, club, școală, baie, dispensar, magazie. Colonia provizorie a fost amplasată în imediata apropiere a șantierului.

Pentru transporturile materialelor s-au executat încă de la început liniile de cale ferată, pe traseul definitiv, precum și drumurile necesare.

Fig. 15 și 16 reprezintă două aspecte caracteristice ale lucrărilor de montaj ale cazanului *4*, de 420 t/h.

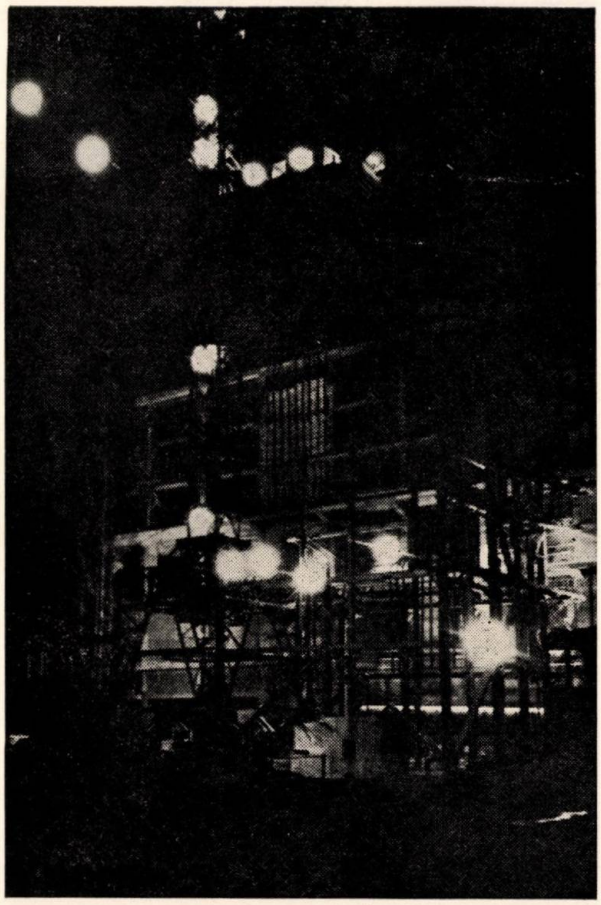


Fig. 16. Lucru de noapte la montarea carcasei cazanului *4* de 420 t/h, cu o macara autopropulsată de 40 t.

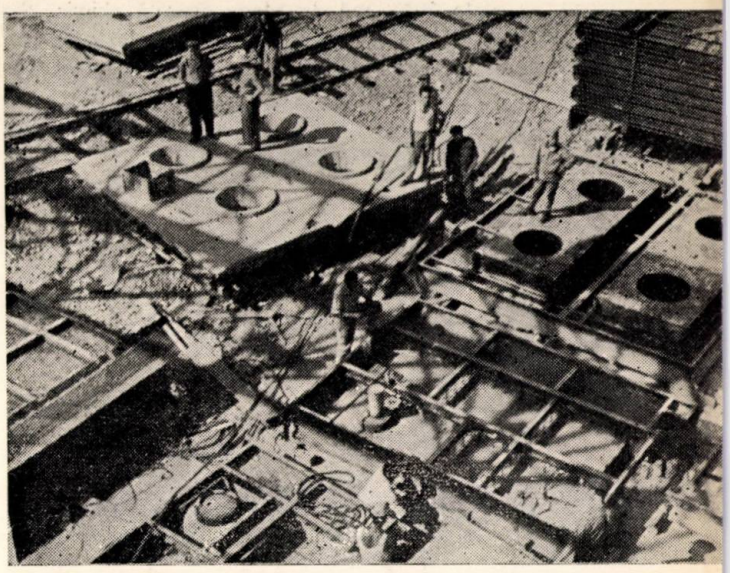


Fig. 15. Turnarea panourilor de beton refractar ale cazanului *4*, de 420 t/h.

7. Aspecte de exploatare

Centrala electrică de termoficare Borzești, realizată ca o mare centrală regională pentru termoficare industrială și urbană și utilizînd agregate mari de parametri înalți,

Tabela 3

Denumirea indicelui	
Putere instalată, MW	125
Consum specific de combustibil, pentru energia electrică kg c.c./kWh	0,360
Consum specific de combustibil, pentru căldură kg c.c./Gcal	164
Consum servicii interne ptr. energie electrică %	4,6
Consum servicii interne ptr. căldură kWh/Gcal	21

sisteme constructive simple și sigure, grad de automatizare avansată, prezintă indici tehnico-economici favorabili, comparabili cu ai centralelor similare din alte țări.

In tabela 3 se dau cîțiva din indicii caracteristici de exploatare ai centralei în etapa actuală de dezvoltare.

Fig. 17 și 18 redau dinamicile indicilor caracteristici de exploatare, de la punerea în funcțiune pînă în prezent.

La scăderea consumului specific de combustibil și a consumului propriu tehnologic, precum și a prețului de cost au contribuit numeroasele măsuri de raționalizare a funcționării echipamentelor și în special a ciclului termic.

Astfel s-au efectuat modificări ale ventilatoarelor de gaze și aer, ceea ce a majorat debitul lor cu aproape 40%, s-au montat la cazane instalații de separare prin spălarea aburului în tambur, ceea ce a permis funcțio-

narea cu peste 30% apă de adaos epurată chimic. S-a experimentat și aplicat pretratarea apei cu lapte de var în loc de dolomită, realizîndu-se importante economii. S-a prevăzut un tip de arzător de gaze perfecționat care a asigurat o ardere perfectă, s-a introdus la transformatoarele de abur o instalație de spălare a aburului secundar, ceea ce a permis reducerea purjei și funcționarea cu un reziduu total de 12 000 mg/l, în loc de 3 000 mg/l.

Colectivul centralei Borzești acordă în continuare cea mai mare atenție ridicării nivelului exploatării și a nivelului pregătirii profesionale a personalului.

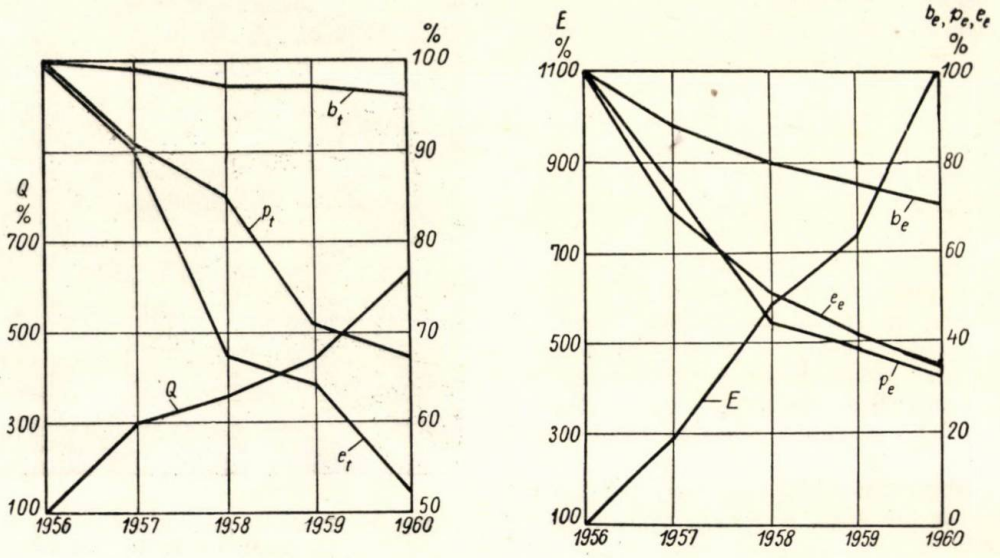


Fig. 17 și 18. Dinamicile indicilor caracteristici de exploatare de la punerea în funcțiune pînă în prezent:

E — producție de energie electrică; b_e — consum specific de combustibil pentru producerea energiei electrice; p_e — prețul energiei electrice; e_e — consumul propriu tehnologic pentru producerea energiei electrice; Q — producție de căldură; b_t — consum specific de combustibil pentru producerea căldurii; p_c — prețul căldurii; e_t — consumul propriu tehnologic pentru producerea energiei electrice.

Prin volumul însemnat al producției de energie electrică și căldură produse combinat în ciclul de termoficare, precum și prin performanțele ei tehnice, centrala electrică de termoficare Borzești realizează importante economii de combustibil, aducînd un aport de seamă la electrificarea țării.

Centrala termoelectrică „Gh. Gheorghiu-Dej" din Doicești

Ing. M. KRAFT

Centrala termoelectrică „Gheorghe Gheorghiu-Dej", de la Doicești, este prima centrală electrică de mare putere construită în cadrul planului de electrificare a țării. Proiectul tehnic al centralei a fost întocmit de Energo projekt Praga și de Institutul de Studii și Proiectări Energetice (ISPE) din București. Lucrările de construcții începute în 1950 au fost efectuate integral de constructorii romîni; montarea utilajelor termoenergetice livrate de Republica Socialistă Cehoslovacă a început în 1951 și a fost executată de specialiști cehoslovaci împreună cu specialiști romîni de la Trustul de construcții și montaje energetice. Primul bloc cazan-turboagregat a intrat în paralel în sistemul electroenergetic la data de 29 iulie 1952, adică la aproape doi ani și jumătate de la începerea lucrărilor de construcții, celelalte grupuri au fost puse în funcțiune la interval de cîte 6 luni unul după celălalt.

În anul 1955, centrala a ajuns la puterea finală de 120 MW, acoperită de 6 grupuri a 20 MW și cu posibilitatea de a debita energia electrică în rețeaua sistemului național de 110 kV și în rețeaua locală de 35 kV. În fig. 2 este prezentată punerea în paralel a primului generator.

1. Amplasarea centralei

Centrala a fost amplasată la Doicești pe malul stîng al rîului Ialomița, din următoarele considerente principale:

— Necesarul de putere în zona București—Brașov—Ploești era de cca. 100 MW și amplasarea unei centrale cu grupuri de 20—30 MW în centrul acestei zone era de dorit.

— Centrul carbonifer Doicești—Șotînga—Mărgineanca exploatat din 1890, poseda rezerve însemnate de cărbune lignit care, valorificate corespunzător puteau asigura aproape jumătate din combustibilul necesar. Distanța între mine și centrală este de cca. 5—7 km.

— Apa pentru răcirea condensatoarelor luată din Ialomița — nefiind agresivă și nici corosivă — asigură în cantitate necesară de 7 m³/s timp de peste 160 zile/an total, iar 120—130 zile/an parțial cantitatea necesară de apă, restul răcindu-se în turnuri hiperbolice. Numai 60—80 zile pe an debitul Ialomiței scade sub 1 m³/s. Amplasarea centralei la gura minei și transportarea a 25 000 m³/h apă de răcire pe distanța de 5 km s-a dovedit a fi dezavantajoasă.

În lumina acestor condiții, centrala a fost concepută ca o centrală de condensație, care să funcționeze în regim de bază în cadrul sistemului energetic, să consume lignit și să asigure cu energie electrică zonele București—Ploești și Pitești, ultimele două fiind zone petrolifere de mare importanță națională.

Aceste deziderate au fost complet realizate.

Lucrările de construcții: barajul și tot nodul hidraulic, clădirea principală care ocupă o suprafață de 9500 m² și clădirile auxiliare au fost un examen serios căruia i-au făcut față cu cinste constructorii romîni. Cubajul total construit depășește 250 000 m³. Centrala cu toate uvrajele sale care ocupă o suprafață de 50 ha. sînt așezate pe o terasă superioară a Ialomiței, ferită de inundații; fundațiile sînt așezate pe marne ponțiene compacte.

Fundațiile agregatelor principale satisfac — după 8 ani de exploatare — cerințele unei funcționări sigure.

Nodul hidraulic este compus din:

a) Baraj din beton armat înalt de 7 m încastrat în marne ponțiene cu doi pinteni longitudinali — care zăgăzuește apele Ialomiței, îndreptîndu-le prin bazinele de decantare și conducta de aducțiune spre centrală (fig. 3). Conducta de aducțiune cu diametrul de 2,2 m și lungă de 700 m avînd o pantă de 2,5/1000 m pe primii 200 m și de 0,5/1000 m în rest, este construită din beton armat și transportă apa prin cădere liberă pînă la casa sitelor.

Comanda vanelor mari ale barajului, precum și a vanelor la intrarea în decantoare este electrică.

b) Casa sitelor care adăpostește grătare fine și site rotative ce slujesc la curățirea apei de impurități. (Materialul aluvionar cu $\varnothing > 0{,}2$ mm este reținut în decantoarele de la baraj).

c) Canale închise de beton armat ce conduc apa spre condensatoarele turbinelor și conducte metalice de retur pentru această apă, bazin de umplere pentru pompele turnurilor de răcire și canalul deschis de evacuare a apei calde în Ialomița, calculat pentru 25 000 m³/h.

d) Turnurile de răcire hiperbolice în număr de 4 cu posibilitatea de a răci fiecare 5000 m³/h pentru un interval de temperatură de minim 5°C. Comanda pompelor pentru turnuri aflate într-o clădire aparte este asigurată electric din sala turbinelor.

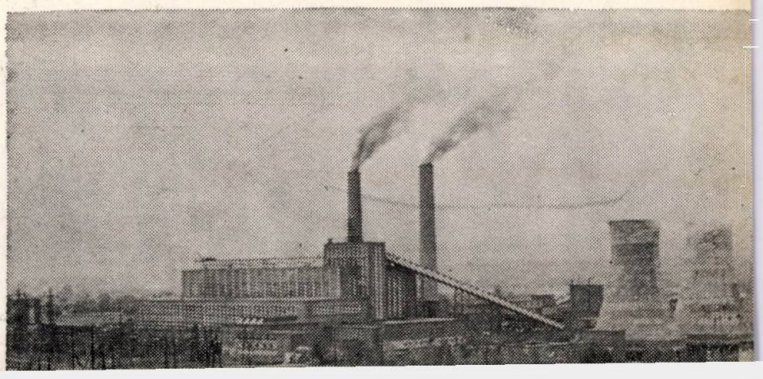
Alimentarea cu combustibil a centralei este asigurată astfel:

a) în vagoane de cale ferată îngustă de la minele apropiate este adusă o parte din lignit;

b) în vagoane de cale ferată normală este adus lignitul de la minele mai îndepărtate;

c) printr-o conductă de 20 țoli la o presiune de 0,3 atm este adus gaz de sondă de la o distanță de cca. 5 km direct de la sondele în exploatare.

Fig. 1. Vedere generală a centralei termoelectrice „Gh. Gheorghiu-Dej".



Cărbunele de granulaţie diferită între 0—700 mm este sortat şi descărcat cu mijloace mecanizate în două staţii unde se concasează pînă la granulaţia de 30 mm după care este transportat în continuare pe benzi de cauciuc spre buncărele cazanelor. Tot pe bandă de cauciuc se transportă cărbunele destinat depozitării. Principalele mijloace de descărcare a cărbunelui din vagoanele C.F.R. sînt: două poduri rulante şi 4 lopeţi mecanice. Concasarea de la 700 la 80 mm se face cu concasori cu ioarteacă, iar de la 80 la 30 mm în concasori cu ciocane. Separarea fierului din cărbune este asigurată de separatori magnetici tip P-90 montaţi deasupra tuturor benzilor de cauciuc. Productivitatea mijloacelor de descărcare a cărbunelui este de 4000 tone/zi, productivitatea mijloacelor de transport, sortarea şi măcinarea este de 240 t/h, ele avînd şi rezervă de 100% pe tot traseul de la staţiile de descărcare pînă la buncărele cazanelor. Comanda principalelor benzi şi concasoare este asigurată de la un centru unic (în afară de posibilitatea comandării fiecărui utilaj de la faţa locului).

Pentru desprăfuirea clădirilor şi buncărelor sînt construite staţii de ventilaţie speciale la staţiile de sfărîmare şi buncăre. Încălzirea subsolurilor şi a locurilor de muncă cu personal permanent se asigură cu calorifere. Iluminatul în staţii este asigurat cu lămpi fluorescente iar pe podurile înclinate cu lămpi cu incandescenţă.

In timp ce staţiile de descărcare sînt semideschise, podurile înclinate (la 17°) cu benzile de cauciuc, sprijinite pe cadre metalice sînt închise lateral cu plăci de eternit.

Depozitul de cărbune (fig. 4) este deservit de două screpere a 70 t/h şi de două buldozere care în principal servesc la amenajarea corectă a depozitului.

Dispoziţia în plan este clasică:

— sala cazanelor, sala buncărelor, sala degazoarelor şi sala preparării chimice şi termice a apei, sala maşinilor. Dimensiunile principale ale sălii cazanelor sînt 106×25×32 m, iar ale sălii de turbine sînt de 112×24×19 m. Construcţia clădirii principale este monolită cu cadre multiple încastrate în terenul de fundaţie.

Camera de comandă este legată de sala maşinilor printr-o pasarelă. Ventilatoarele de aer sînt montate într-o sală închisă lîngă sala cazanelor. Separatoarele de cenuşă din gazele de ardere de tip Van Tongeren şi ventilatoarele de gaze sînt în exteriorul clădirii principale. Turboagregatele aşezate transversal sînt bine iluminate prin geamurile pereţilor dinspre est şi sud.

Coşurile de fum ale centralei, cîte unul la trei cazane, sînt construite după sistemul Monoyer, tronconice din prefabricate de beton armat. In interior, coşul este izolat cu cărămizi refractare de 12,5 cm grosime iar între ele şi prefabricatele de beton armat, un interval de 5 cm este umplut cu vată de zgură.

Pentru menţinerea satisfăcătoare a temperaturii aerului în sălile de cazane, turbine, comandă au fost amenajate staţii speciale de climatizare. Iluminatul în aceste săli este asigurat cu lămpi fluorescente.

In fig. 5 este reprezentată o vedere a sălii maşinilor.

Fig. 3. Barajul şi decantorul

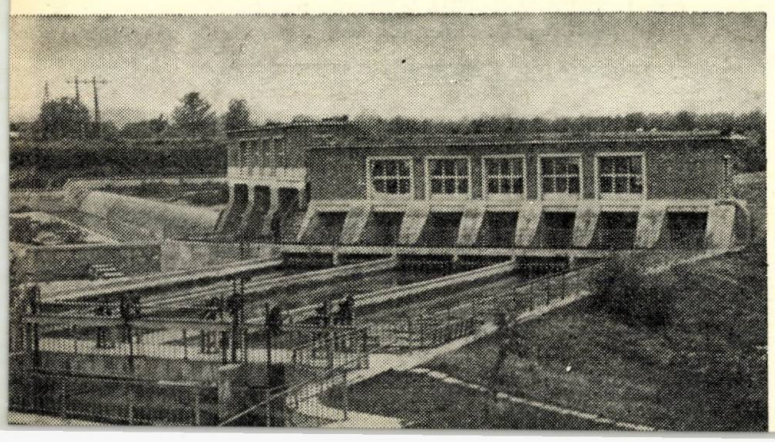


Fig. 2. Punerea în paralel a primului bloc de 20 MW. Manevra este executată de tov. Al. Moghioroş, membru al Biroului Politic al C.C. al P.M.R. Alături, tov. Gh. Gaston Marin, pe atunci ministrul Energiei Electrice şi Industriei Electrotehnice, azi preşedintele C.S.P.

2. Schema şi instalaţiile termo-mecanice şi electrice

Cazanele sînt de tipul cu circulaţie naturală cu ecrane de radiaţie, folosind combustibil lignit (în proporţii de cca. 16% se folosesc gaze naturale) şi cu evacuarea zgurii în stare solidă.

Cazanul funcţionează la parametrii: 64 ata şi 480°C, cu D =100 t/h.

Încărcarea termică a focarului la 100 t/h este de 100 000 kcal/m³h.

Prepararea prafului de cărbune se face în mori de tipul cu ciocane, folosind schema fără buncăr intermediar de praf.

Uscarea prafului de cărbune se face în moară cu aer cald de 350°C.

Introducerea cărbunelui pulverizat se face prin 4 arzătoare tantă aşezate în colţurile camerei focale şi 4 arzătoare de tipul ciclon aşezate lateral şi simetric.

Fiecare cazan este înzestrat cu cîte două ventilatoare de aer de tip centrifugal şi cîte un ventilator de gaze de ardere de tip axial.

Fiecare grup de 3 cazane este dotat cu cîte un ventilator de gaze de rezervă.

Separarea cenuşii din gazele de ardere se face cu ajutorul separatoarelor mecanice de tipul Van Tongeren.

Evacuarea zgurii şi cenuşii din camera focală se face hidraulic.

Cenuşa obţinută de la separatoarele de cenuşe Van Tongeren se captează pneumatic fiind folosită în scopuri industriale (fabricarea cimentului, a prafului hidrofob, etc.)

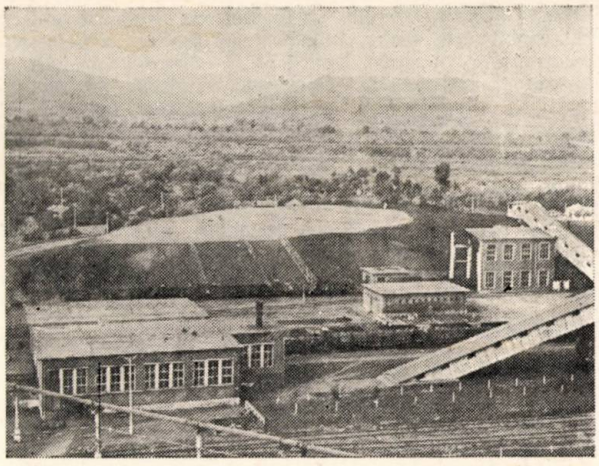


Fig. 4. Staţiile de descărcare a cărbunelui şi depozitul de cărbuni.

Funcţionarea sigură şi economică a cazanelor, este asigurată prin completa lor automatizare.

Procesul de ardere foloseşte automatizarea de tipul pneumatic şi schema de tipul combinat.

Se mai reglează automat alimentarea cu apă a cazanului şi temperatura aburului supraîncălzit, prin răcirea aburului prelevat după treapta doua de supraîncălzire, într-un schimbător de căldură de suprafaţă, care foloseşte ca agent de răcire apa de alimentare a cazanului.

Fig. 6 reprezintă schema termică a unui bloc cazan-grup turbogenerator.

Turbina este de tipul cu condensaţie într-un singur corp, avînd 4 prize nereglabile.

Rotorul este construit din:

O roata Curtis în două trepte, 5 trepte de acţiune, 16 trepte de reacţiune şi 1 treaptă de acţiune.

Priza *1* se află înainte de ultima treaptă de acţiune, priza *2* după a *10* treaptă de reacţiune, priza *3* după a 5-a treaptă de acţiune iar priza *4* după prima treaptă de acţiune.

Cea mai mare parte din efortul de împingere axială este preluat de un piston de echilibrare a cărui etanşare se face prin labirinţi, iar restul din efortul de împingere axială este preluat de lagărul axial.

Consumul specific kg abur/kWh este la 15 MW de 3,63— şi la 20 MW de 3,78— la temperatura apei de răcire la 15°C (în pură condensaţie).

Protecţia turbinii este realizată prin următoarele relee: Releu de supraturaţie, releu de deplasare axială, releul prizelor (la prizele *2, 3, 4*), releu de vid, ventil de alarmă, clapă de evacuare în atmosferă, releu de minimă presiune de ulei şi automatul de pornire al turbopompei auxiliare de ulei.

Instalaţia de condensare se compune dintr-un condensator de suprafaţă de 1 600 m².

Apa de răcire este vehiculată de o instalaţie individuală formată dintr-o pompă elicoidală antrenată în mod normal de un motor electric.

Pompa mai este prevăzută cu o turbină auxiliară care intră în funcţiune automat la întreruperea alimentării motorului.

Pompa principală de condesat este antrenată de acelaşi motor prin intermediul unui multiplicator.

Instalaţia de condensare mai cuprinde şi o baterie de ejectori şi un ejector rapid de pornire.

Asigurarea pompării condensatului principal se poate face cu ajutorul unei pompe de rezervă acţionată electric.

Turbinele sînt normal alimentate în paralel şi pot funcţiona şi în schemă bloc.

Schema termică este prevăzută cu preîncălzire regenerativă în 4 trepte, temperatura finală a condensatului din circuitul regenerativ fiind egală cu 183°C.

Preîncălzirea în cele 4 trepte se realizează în preîncălzitori de joasă presiune şi în schimbători de căldură prin amestec, respectiv degazoarele apei de alimentare, care formează ultima treaptă de preîncălzire a condensatului.

Circuitul regenerativ îndeplineşte condiţia principală pentru atingerea unui randament maxim, în sensul că: temperatura finală a condensatorului principal la ieşire din circuitul regenerativ (183°C) este egală cu valoarea teoretică de 2/3 i_s (i_s — entalpia corespunzătoare presiunii din tambur).

În schimb a doua condiţie, încălzirea egală a condensatului principal pe trepte, nu este satisfăcută şi anume se observă o extracţie scăzută de abur din ultima priză de joasă presiune.

Realizarea unei bune degazări a apei de alimentare este asigurată de păstrarea constantă a presiunii de 11 ata cu ajutorul regulatoarelor de tip Askania ale prizelor *4*.

La sarcini scăzute pe grupuri (ex. la 10 MW), temperatura condensatului principal la ieşirea din treapta *III* este de numai 140°C, iar presiunea prizei *IV* este inferioară presiunei de 11 ata. În această situaţie intervin în mod automat regulatoarele de presiune Askania ale staţiilor de 56/11 ata.

Circuitului termic îi este asigurată o mare elasticitate din punct de vedere al exploatării prin:

a) Existenţa unui paralel pe partea de condensat principal după treapta *II* de preîncălzire.

b) Un alt paralel pe partea de condensat principal după preîncălzitorii *IV*.

c) Paralele pe partea de abur, apă şi aspiraţia pompelor de alimentare la degazorii principali.

Aşezarea pompelor de alimentare la cota 7,5 m, a impus ridicarea la o înălţime apreciabilă a degazorilor.

Alimentarea cu apă a cazanelor este asigurată prin electropompe cu un debit individual de 125 t/h.

Siguranţa alimentării cazanelor e mărită prin înzestrarea centralei cu două turbopompe de alimentare cu un debit de 225 t/h fiecare, care normal sînt în rezervă caldă.

Pornirea turbopompelor este automatizată în funcţie de presiunea apei de alimentare pe cele două bare generale.

Completarea pierderilor de apă-abur se face cu distilat.

Înainte de supunerea apei la distilare ea este filtrată şi dedurizată pe principiul schimbului de cationi.

Fiecare grup este înzestrat cu doi vaporizatori cu capacitate de vaporizare egală cu 6 t/h.

Ei pot fi alimentaţi pe partea de abur în serie sau în paralel, regim ce se stabileşte în funcţie de pierderile din circuit.

Randamentul termic teoretic al ciclului este de 31,8%. (pt. randamentul intern al turbinei 81%).

Randamentul termic real este de maxim 29%.

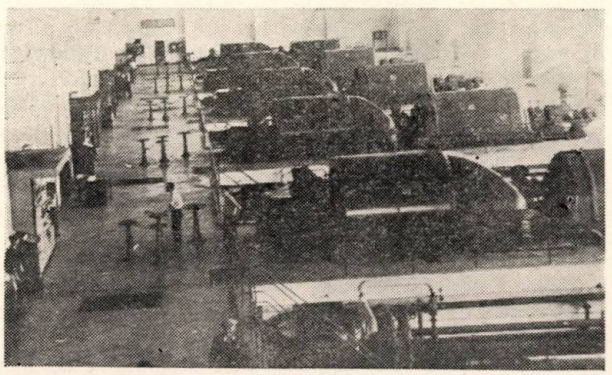


Fig. 5. Vedere în sala maşinilor.

Diferența de randament rezultă dintr-o funcționare a turboagregatelor la o sarcină diferită de cea optimă și cu o temperatură a apei de răcire mai ridicată decît cea luată în calculul randamentului teoretic.

Schema electrică (fig. 7) a fost concepută să satisfacă cerințele unei exploatări sigure fiind pe cît de clară, simetrică și simplă, pe atît de elastică.

Stația de 110 kV, (fig. 8) de tip exterior — cu 30 celule — are două sisteme de bare cu posibilitate de secționare transversală și longitudinală prin întrerupători ceea ce asigură o elasticitate mărită. Întrerupătorii de 110 kV, cu ulei puțin de tip VEL și VEZL (ca și

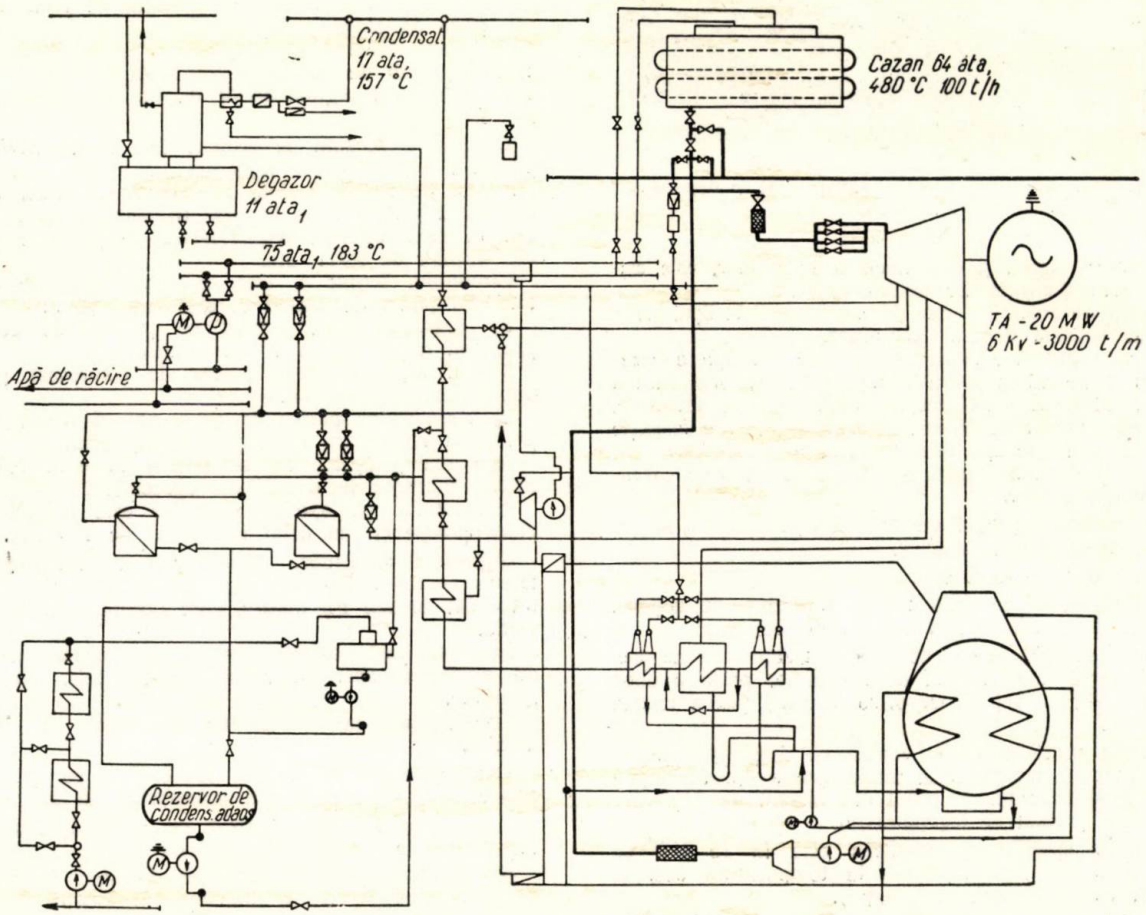


Fig. 6. Schema termică a unui bloc cazan-grup turbogenerator.

IUP-110) siguri în exploatare, sînt prevăzuți cu RAR trifazic, respectiv monofazic. Puterea de rupere a întrerupătorilor este de 2500 MVA. Separatorii de 110 kV, tip TOBA sînt comandați de la distanță — din camera de comandă — avînd servomotoare pneumatice care lucrează la 20 atm. Blocajele realizate între întrerupătoarele și separatoarele de 110 kV, pe principii pneumatice, s-au dovedit a fi cele mai sigure în exploatare.

Aerul pentru servomotorul de manevră al separatorilor de bare este blocat cît timp este închis întrerupătorul aceluiași element (transformator sau linie). Separatorul de bare poate fi manevrat numai în două cazuri:

a) cînd întrerupătorul acestui element este deschis;

b) cînd sînt închiși separatorii și întrerupătorul unei cuple transversale și celălalt separator de bare al aceluiași element.

Blocaj reciproc este asigurat între separatorul de linie și separatorul de pămînt; cît timp este închis separatorul de linie, servomotorul separatorului de pămînt are închisă admisia aerului și invers, cît timp separatorul de pămînt este închis, admisia aerului la servomotorul separatorului de linie este închisă (marele neajuns al acestor separatori este posibilitatea ruperii în plan orizontal a porțelanului primului izolator imediat sub îmbinarea cu armătura sa).

Transformatoarele de 6/110 kV și 25 MVA alimentate de la generatoare cu funii de cupru sînt răcite cu aer și pot funcționa atît cu neutrul izolat cît și cu neutrul pus la pămînt. Schimbarea tensiunii nu se face sub sarcină. Transformatoarele de 6/35/110 kV și 25 MVA au posibilitatea schimbării automate și sub sarcină a tensiunii (numai două grupuri sînt echipate cu asemenea transformatoare).

Ca rezervă pentru alimentarea stației de 35 kV este montat un transformator coborîtor 110/35 kV de 10 MVA, iar ca rezervă pentru alimentarea serviciilor interne este montat un transformator coborîtor 110/6 kV, de 8 MVA și care are posibilitatea de a i se modifica tensiunea sub sarcină.

Din stația 110 kV pleacă 6 linii ce leagă centrala cu sistemul energetic național și 2 linii radiale care alimentează regiunea Pitești.

In stația 110 kV este amenajat un racord special pe unde se injectează energia la tensiunea de 18—30 kV, necesară pentru prevenirea avariilor datorite depunerii de chiciură pe linii. Această operație de deschiciurare se execută la linii după ce ele se separă de sistem pe una din barele de 110 kV.

Protecția contra supratensiunilor atmosferice este asigurată prin paratoneri cu rezistență variabilă, montați atît pe bare cît și pe fiecare linie la intrare în stații. Impotriva loviturilor directe sînt montate paratrăsnete.

Protecția liniilor de 110 kV este asigurată prin relee de distanță de tipul D —200 și prin relee de rezervă de tip maximal și direcțional. Configurația schemei de exploatare este alcătuită în așa fel ca un întrerupător de cuplă să îndeplinească rolul și de separație în două — în caz de avarie — a stației 110 kV, la impulsul primit de la releele de distanță ale generatorilor. (Aceasta ține locul unei protecții diferențiale—transversale a barelor).

Stația 35 kV, de tip interior — cu 10 celule — are de asemenea 2 sisteme de bare, cu secționare transversală și este echipată cu întrerupători cu aer comprimat de tipul CP— 104 și CP— 204. Comanda principalelor întrerupătoare și separatoare ale stațiilor de 6 kV— bloc se poate efectua de la camera de comandă a centralei. Este asigurată RAR pentru fiecare bloc atît pe sistemul de 6 kV, cît și la stațiile de 380 V (similar stațiilor de 6 kV).

Serviciile interne generale: motoarele de la nodul hidraulic, evacuarea sgurii și cenușii, pompe de alimentare de rezervă, ventilatoare de gaze de ardere de rezervă sînt alimentate de la o stație de 6 kV generală (respectiv o stație de 380 V generală). Din această stație prin cabluri se asigură alimentarea de rezervă a

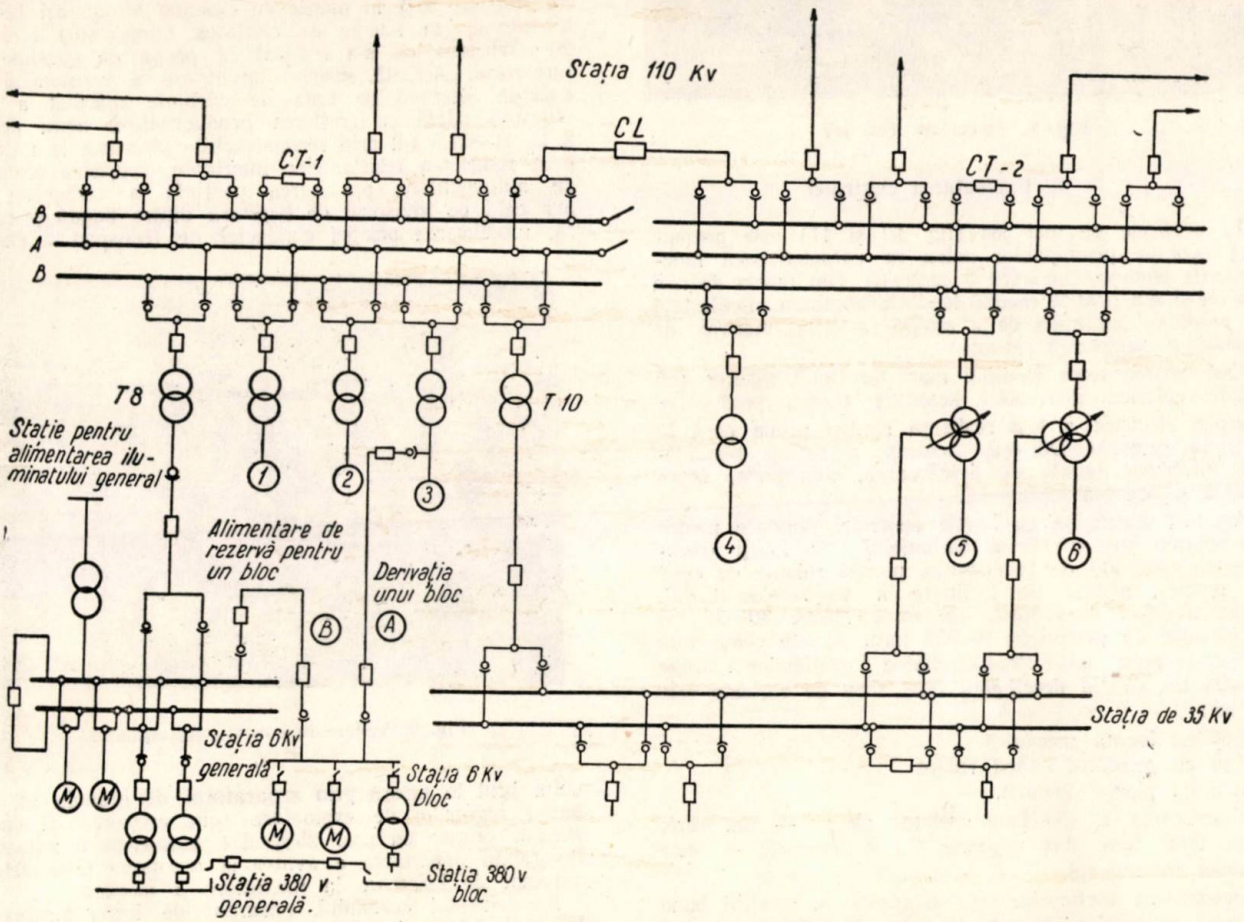


Fig. 7. Schema electrică a centralei termoelectrice „Gh. Gheorghiu-Dej".

de tipul CP—605. Comanda de la distanță a întrerupătoarelor și separatoarelor este asigurată pe cale electropneumatică: blocajele sînt de tip pneumatic. Circuitele de aer comprimat lucrează la 20 atm. Puterea de rupere a întrerupătoarelor este de 600 MVA. Întrerupătoarele liniilor au montată RAR. Protecția liniilor este asigurată prin relee de distanță de tip SD 4.

Sistemul de 35 kV lucrează cu nulul tratat cu bobină Petersen.

(Neajunsul mare al acestor întrerupători de tip CP—605 este că nu suportă șocurile la supratensiunile atmosferice, tg δ crește repede cu timpul și este necesară uscarea periodică a izolației lor, la cca. 6—10 luni pentru a readuce tg δ de la 15—20% la 3—4%). Din stația de 35 kV pleacă cele 3 linii care alimentează consumatorii industriali locali: Uzinele Metalurgice Tîrgoviște, Fabrica de Ciment Fieni, schelele petrolifere, minele de cărbuni.

Stațiile de 6 kV, cîte una pentru fiecare grup, sînt alimentate direct de la generatori prin reactori. Ele servesc pentru alimentarea serviciilor auxiliare ale grupului respectiv și sînt echipate cu întrerupătoare cu aer

stațiilor 6 kV bloc respectiv 380 V bloc. Din schemă se vede că stația 6 kV generală este alimentată prin transformatorul de 8 MVA — 110/6 kV.

Acționarea întrerupătoarelor de 6 kV și a principalelor întrerupătoare de 380 V este electrică și pneumatică. Blocajele sînt de tip pneumatic. Circuitele de aer comprimat în stațiile de 6 kV și 380 V sînt pentru presiunea de lucru de 12 atm.

Stația de aer comprimat pentru instalațiile electrice este asigurată prin compresoare — cu pornire și oprire automată — de 1600 l/min și 30 at.

Stația de curent continuu are 2 baterii de 220 V pentru alimentarea circuitelor secundare de comandă și protecție.

Camera de comandă (fig. 9) este dotată cu posibilitățile de supraveghere a generatoarelor și stațiilor electrice. Panourile de semnalizare și aparate înregistratoare închid cadrul format de panourile cu schemele stațiilor de 110, 35, 6 și 0,4 kV.

Panourile cu releele de protecții și cu contorii de energie sînt amplasate în camera de comandă.

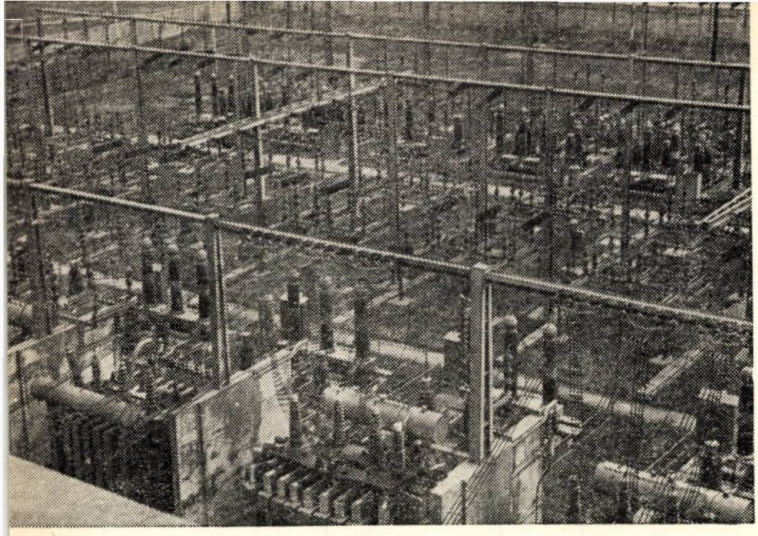


Fig. 8. Staţia de 110 kV

3. Exploatarea centralei

In graficele de mai jos (fig. 10 şi 11) este prezentată evoluţia principalilor indici ce caracterizează funcţionarea tehnico-economică a centralei. Din tabela de mai jos cît şi din grafice rezultă tendinţa continuu manifestată de colectivul centralei de a atinge un nivel superior de exploatare economică ridicat.

Consumarea unor cantităţi mari de lignit inferior (cu putere calorică sub 2000 kcal/kg) pentru producerea energiei electrice a fost realizată pentru prima oară în ţară la centrala Doiceşti. Aceasta a ridicat nenumărate probleme legate de descărcarea, măcinarea, depozitarea şi arderea cărbunelui.

Au fost construite cu forţele centralei mijloace pentru descărcarea mecanizată a cărbunelui ca: lopeţi mecanice cu comandă de la distanţă, poduri rulante cu cupă de graifăr, sistem de înclinare a vagoanelor C.F.R. Productivitatea unei lopeţi mecanice atinge 40—50 t/h la cărbune de granulaţie 0—350 mm. şi este comandată de un singur om. Productivitatea graifărelor atinge 60—90 t/h. Costul descărcării unei tone de cărbune este de lei:

0,66 cu lopata mecanică
0,40 cu graifărul —pod rulant
1,75 cu planul înclinat.

Descărcarea a 400 tone cărbune pe zi — din care, peste 2000 tone din vagoane C.F.R. normale — este complet mecanizată.

Depozitarea cărbunelui este asigurată în condiţii bune datorită sistemului adoptat de amenajare într-o singură stivă mare de 100—120 mii tone, bine bătătorită la fiecare 1,5—2 m înălţime (înălţimea totală fiind de 8—9 m) şi acoperită la suprafaţă cu hîrtie impregnată — la faţa locului — în bitum. Sînt asigurate canalele de scurgerea apelor de ploi. Dacă în 1952, depozitul format în stive mici şi nebătătorite de cca. 10.000 tone, s-a autoaprins după cîteva luni de depozitare, stiva mare, bătătorită, rezistă şi 2 ani fără ca temperatura cărbunelui să depăşească 30—35°C.

Măcinarea cărbunelui de la granulaţia 0—700 mm şi 0—80 mm la 0—30 mm asigurată în cele două trepte de concasare cere un consum de cca. 0,9 kWh/tonă. Măcinarea cărbunelui de la granulaţia 0—30 mm. la un $R90 = 50\%$ în morile cu ciocane atinge azi 12—14 kWh/tonă (în funcţie de calitatea cărbunelui) faţă de 20 kWh/tonă cît s-a realizat la proba de garanţie cu furnizorul. Această scădere simţitoare a consumului de energie electrică pe tona de cărbune măcinat a fost obţinută odată cu creşterea productivităţii morii de la 8 la 11—11,5 t/h prin reconstrucţiile efectuate la moară: prin reducerea rezistenţelor interioare, creşterea efectului de autoventilare, preuscarea parţială a cărbunelui cu aer cald pe tronsonul de legătură dintre bandă şi moară, modificarea poziţiei conductei de transport a cărbunelui brut în moară prin separatorul de granule, schimbarea regimului de exploatare prin creşterea presiunii aerului primar cu cca. 25%. De asemenea o influenţă favorabilă importantă a avut-o şi montarea unui sistem automat de încărcare la maximum a morilor.

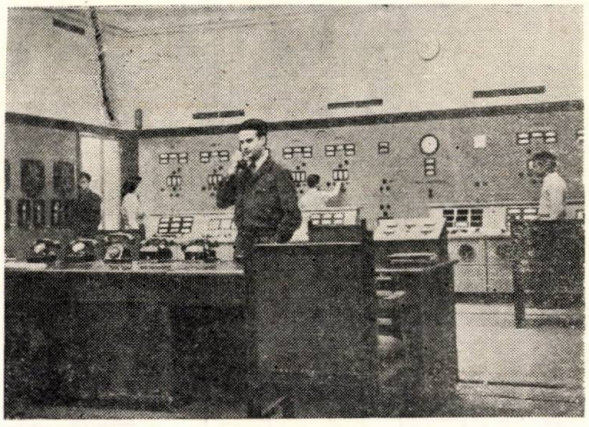


Fig. 9. Vedere în camera de comandă

Randamentul cazanului, garantat de firma furnizoare la 80% în cazul sarcinii maxime de 100 t/h, a fost ridicat la 84—86% prin modificările executate şi anume:

— îmbunătăţirea izolaţiei calorifuge a cazanului prin turnarea unei mase de asbodiatomit în zona dintre zidăria refractară şi blindaj;

— etanşarea cazanului şi micşorarea pătrunderii de aer fals prin sudarea carcasei cazanului la cotele superioare (între 18 şi 25 m) şi prin blindarea metalică a pîlniei reci;

— amenajarea unor recuperatoare de căldură în canalele de gaze arse unde se preîncălzeşte apa condensată (cu cca. 10°C);

— îmbunătăţirea arderii prin reglarea automată a procesului şi prin creşterea temperaturii în focar datorită înlocuirii parţiale a arzătoarelor ciclon cu arzătoare de tip fantă.

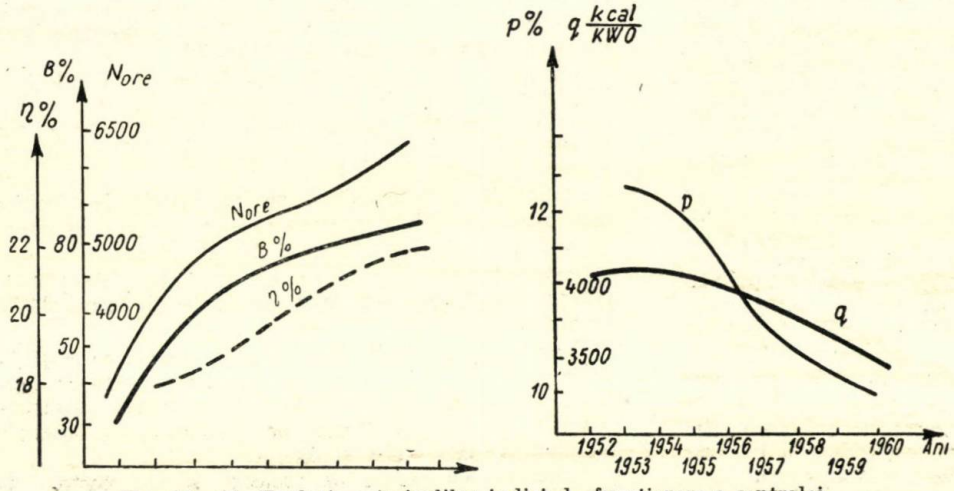


Fig. 10—11. Evoluţia principalilor indici de funcţionare a centralei.

Prepararea apei de adaos pentru a satisface normele actuale a suferit modificări importante. S-a amenajat o stație de coagulare și s-a trecut de la folosirea sulfatului de aluminiu și hidrat de natriu, la folosirea sulfatului de fier și a laptelui de var, ceea ce reduce simțitor conținutul de CO_2 liber. Aceasta influențează în bine funcționarea vaporizatorilor și a recipienților care condensează aburul produs de vaporizatori, deoarece viteza de coroziune a țevilor de cupru a scăzut foarte mult.

La prepararea termică a apei de adaos s-a creat posibilitatea barbotării apei în degazorul apei de adaos iar vaporizatorii sînt alimentați în serie. Conținutul de SiO_2 în apa de cazan nu depășește 6—8 mg/l, conținutul de CO_2 în apa de adaos nu depășește 6—9 mg/l, rezidiul fix în apa de cazan nu depășește 400 mg/l. Calitatea nesatisfăcătoare a aburului supraîncălzit produs în anii 1952—1953 determinată de calitatea cu totul necorespunzătoare a apei de adaos și a apei de cazan (SiO_2 = 50 mg/l, Cl = 60 mg/l, rezidiu fix $\approx$ 1500 mg/l) conducea la uzarea prematură — prin erodare — a paletelor de la ajutajele turbinelor și de la roata Curtis în decurs de un an. Odată cu îmbunătățirea preparării apei de adaos — atît chimic cît și termic — uzarea paletelor de la ajutaje are loc într-un interval mai lung, 5—6 ani, și atunci numai în proporție de 10—15%.

Depunerile de săruri pe paletele turboagregatelor nu ne obligă la spălări dese, ele se fac cel mult de 2 ori pe an. Aceste depuneri, datorită înrăutățirii calității aburului, au loc în mod deosebit în cazul supraîncărcării cazanelor peste 105 t/h. Supraîncărcarea cazanelor este o metodă practicată cu succes de noi pentru că se justifică economic și asigură o putere mai mare a centralei în perioada de revizii; în timp ce revizia unui cazan se face obligatoriu odată pe an și durează 21 zile, revizia *TA* se face odată la 2 ani și durează cca. 12 zile. Spălarea de săruri se face cu abur saturat la 8—10 atm. Pentru spălarea sărurilor de silice, noi am experimentat spălarea *TA* cu abur saturat alcalinizat puternic (*IA* = 10 000). Rezultatele obținute nu satisfac întrutotul.

Condițiile grele de lucru în care se află o mare parte din motoarele electrice (mediu umed, corosiv, cald, praf), ne-au obligat să adoptăm un sistem de îmbunătățiri profilactice (la cca. 5—6 luni) a izolației prin uscare și reimpregnare. Toate tipurile de motoare electrice sînt reparate în cadrul centralei, înfășurările fiind impregnate sub vid și presiune într-o stație special construită din resurse proprii cu cheltueli minime.

Realizarea unei cifre de peste 5000 ore de utilizare a puterii instalate față de 3000, maxim 5000 ore cît era prevăzut în proiectul tehnic, este una din rezultatele de seamă ale colectivului de energeticieni de la Doicești. Aceasta reprezintă contribuția noastră la economisirea celor 5,5 miliarde lei pe țară la lucrările de investiții în sectorul energetic. Exploatarea îngrijită și pricepută, reparații rapide și cu multă competență, modificări tehnice pentru creșterea siguranței în exploatare au fost și sînt principii de conduită ale personalului centralei.

Pentru asigurarea unor condiții normale de viață a personalului centralei care nu locuiește în satele apropiate (Doicești, Dolani, Glodeni, Brănești, Vulcana, Șotînga)

Tabela 1

Nr crt.	Denumirea indicelui	Unitatea de măsură	Realizat în 1953	Realizat în 1959	Se va realiza în 1960
1	Numărul orelor de utilizare a puterii instalate	ore	4 000	5 900	6 600
2	Randamentul net	%	18,6	20,8	21,5
3	Producția de energie pe bază de lignit inferior cu H_i = 2000 kcal/kg	%	51	76	83
4	Consumul specific de combustibil pe kWh produs	kcal/kWh	4 165	3 715	3 600
5	Consumul de energie electrică propriu	%	11,43	11,53	10,3
6	Apă de adaos	%	5	3,2	2,6
7	Timpi de reparație :		anul 1954		
	pentru cazane	zile	35	26	21
	pentru turbine		30	20	12
			fără reconstrucție	cu reconstrucții tehnice	

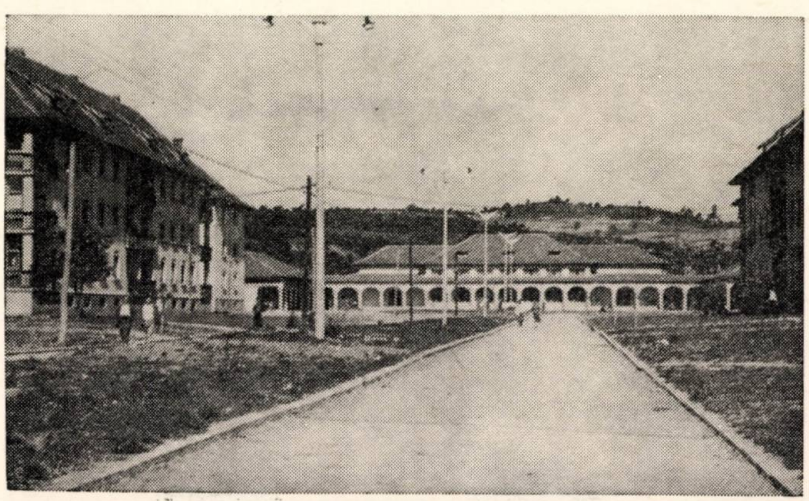


Fig. 12. Vedere generală a coloniei.

s-a amenajat o colonie muncitorească cu 130 apartamente de locuit (fig. 12) (cu cîte 2—3 camere, bae, bucătărie, hol), un club pentru desfăşurarea activităţilor cultural-artistice, un stadion sportiv, magazine alimentare şi universale, ateliere de croitorie, cizmărie şi frizerie, o farmacie, poştă, un dispensar cu aparate Röntgen şi de stomatologie, o clădire pentru şcolile serale muncitoreşti, pentru clasele 1—4 pentru copii, pentru grădiniţele de copii.

Şoselele în colonie şi cea de legătură cu centrala sînt asfaltate.

Încălzirea tuturor clădirilor este asigurată în mod centralizat de la staţia de termoficare a centralei (distanţa de la centrală şi clădirile locuite fiind de cca 800 m).

Personalul centralei a fost pregătit — din punct de vedere profesional — astfel:

— inginerii au absolvit institutele politehnice din ţară şi o parte din ei în U.R.S.S.;

— maiştrii şi tehnicienii au absolvit şcolile medii tehnice, sau de maiştri din ţară; unii au făcut o practică de un an în Republica Socialistă Cehoslovacă;

— muncitorii calificaţi în mare parte sînt absolvenţi ai şcolilor profesionale, ai şcolilor de cultură generală şi completate cu şcoli de calificare la faţa locului. O bună parte din muncitori au fost calificaţi în centrală.

(Condiţiile de muncă la T.C. Doiceşti au favorizat pregătirea unor cadre care îndeplinesc munci de răspundere şi în alte centrale).

În prezent, din colectivul centralei:

— 20 tov. urmează cursurile institutelor superioare de învăţămînt;

— 30 tov. urmează şcolile de maiştrii;

—121 tov. sînt elevi ai şcolilor medii de cultură generală;

— 68 tov. îşi completează studiile urmînd clasele V—VII.

Tendinţele colectivului centralei sînt de a realiza în viitor o creştere a randamentului net al centralei cu încă un procent, adică să obţină 22,5%, să crească numărul orelor de utilizare a puterii instalate la peste 6600 ore/an, şi să scadă cifra de personal pe MW instalat.

Dezvoltarea instalațiilor de transport și distribuție a energiei electrice în R. P. R. în perioada 1950-1960 și formarea sistemului energetic național

Ing. EMIL CONSTANTINESCU

Dezvoltarea potențialului economic al țării și în general asigurarea unei mai bune satisfaceri a nevoilor materiale și culturale ale populației sînt inseparabil legate de electrificarea țării, ale cărei baze au fost puse temeinic prin obiectivele planului de electrificare, inițiat și întocmit sub directa îndrumare a Comitetului Central al Partidului, în frunte cu tovarășul Gheorghe Gheorghiu-Dej și aprobat în ședința plenară a C.C. al P.M.R. din 26 oct. 1950.

Sarcinile trasate prin planul de electrificare au fost îndeplinite și depășite. Producția de energie electrică a atins în 1960 7,649 miliarde kWh, depășindu-se astfel cu 10% prevederile inițiale.

În cele ce urmează se vor prezenta realizările mai importante obținute în cei 10 ani care au trecut de la aprobarea planului de electrificare, în domeniul instalațiilor de transport și distribuție a energiei electrice, precum și formarea sistemului energetic național.

1. Situația în anul 1950

Perioada care a premers elaborării planului de electrificare se caracterizează printr-o accentuată înapoiere a țării noastre din punct de vedere energetic și industrial. Marea majoritate a centralelor existente funcționau izolat, alimentînd cu energie electrică zone limitate din imediata lor vecinătate, de regulă zone industriale sau orașe mai importante. Funcționînd în acest regim, fără legături între ele, centralele erau slab utilizate, puterea instalată în centrale era redusă și obținută prin grupuri de puteri mici (în majoritate sub 10 MW puteri unitare) și cu parametri scăzuți.

Cea mai mare parte a țării era lipsită de linii electrice de înaltă și medie tensiune pentru transportul și distribuția regională a energiei electrice. Volumul foarte redus al rețelelor de înaltă și medie tensiune existente în R.P.R. în anul 1950 se reflectă din cifrele ce urmează.

La tensiunea de 110 kV exista o singură linie de 127 km, care lega CHE Dobrești cu centrele de consum din zona petroliferă și orașul București, iar linia Tîrnăveni—Cluj, de 74,7 km, construită pentru 110 kV, funcționa la tensiunea de 60 kV.

La tensiunea de 60 kV erau în funcțiune, în 1950, circa 484 km de linii. Tensiunea de 35 kV nu era utilizată. Liniile aeriene de 6—30 kV totalizau circa 3100 km, fiind concentrate în special în regiunea petroliferă Muntenia, centrul Ardealului și parțial în zonele București, Arad, Timișoara, Reșița.

Cu excepția unui număr foarte redus de linii, printre care și linia de 110 kV Dobrești—București, construite pe stîlpi metalici, marea majoritate a liniilor aeriene erau executate pe stîlpi de lemn. În cazuri izolate și numai pe porțiuni restrînse, liniile de medie tensiune au fost realizate și cu stîlpi de beton. Este necesar să se menționeze că aceste linii, distribuite cu totul neuniform pe teritoriul țării, erau executate la un nivel tehnic scăzut și se găseau într-o stare proastă de întreținere.

Datorită fărîmițării puterii instalate în centralele electrice și gradului redus de interconexiune a centralelor (numai 40% din puterea totală era interconectată prin rețele), puterea instalată în stațiile de transformare a fost în 1950 relativ redusă în comparație cu puterea totală instalată în centrale. Astfel, față de 975 MVA instalați în centrale electrice, existau, în afara stațiilor de transformare ale centralelor, o singură stație de 110 kV cu o putere instalată de 14 MVA și 9 stații de 60 kV totalizînd 120 MVA. Pentru toate aceste instalații proiectele și echipamentele au fost furnizate de firme străine (BBC, Siemens etc.), iar montajul lor s-a executat în cea mai mare parte de specialiști străini.

În privința rețelelor de electrificare urbană, se menționează că nu a existat o preocupare de rezolvare unitară, pe baza unor studii de perspectiva, a acestor rețele. Orașul București, cel mai mare centru de consum al țării, dispunea de o rețea de distribuție subterană de 30 kV (circa 85 km), din care se alimenta rețeaua de 5 kV (circa 650 km). În celelalte orașe ale țării, distribuția energiei electrice se realiza prin rețele de 2—15 kV, tensiunea de 6 kV fiind cea mai utilizată. În multe localități rețelele de distribuție urbană erau alimentate în curent continuu sau în curent alternativ cu frecvențe diferite de 50 Hz.

Rețelele de distribuție de medie tensiune pentru electrificări rurale erau foarte puțin dezvoltate, majoritatea lor fiind concentrate în Muntenia și Ardealul Central, iar tensiunea de distribuție cea mai folosită pentru electrificări rurale era 15 kV.

2. Principiile de bază avute în vedere la dezvoltarea rețelelor electrice în perioada 1950—1960

Organizarea alimentării cu energie electrică a consumatorilor a avut la bază principiul încadrării întregului complex al instalațiilor energetice existente și a celor prevăzute în planul de electrificare în sisteme energetice, fiecărui sistem energetic re-

venindu-i sarcina alimentării cu energie electrică a unei regiuni a țării, delimitată din punctul de vedere al organizării rentabile a sistemului respectiv. Intre sistemele energetice învecinate s-au prevăzut legături de interconexiune pentru schimburi de energie permanente sau temporare.

Din calculele preliminare efectuate și în baza experienței U.R.S.S. și a țărilor de democrație populară, a rezultat că pentru densitățile de sarcină prevăzute în țara noastră (între 3 kW/km² și 30 kW/km²) este potrivit ca organizarea sistemelor energetice să se facă la tensiunile de 220 kV, 110 kV și 35 kV, precizîndu-se că în unele regiuni se va putea menține sau utiliza tensiunea de 60 kV dacă calculele tehnico-economice o vor justifica.

Pentru distribuția urbană, pentru alimentarea industriilor importante și, în general, pentru alimentarea centrelor mari de consum, s-a preconizat tensiunea de 6 sau 10 kV.

În rețelele de electrificări rurale s-a propus folosirea, în general, a tensiunii de 15 kV, sau a transformării directe de la 35 kV la 0,4 kV, menționîndu-se că se vor putea utiliza și tensiunile de 6 sau 10 kV, care erau introduse în unele regiuni din țară.

Pentru instalațiile existente, funcționînd la tensiuni nestandardizate, au fost recomandate următoarele măsuri :

— dacă instalațiile sînt importante și o modificare a tensiunilor ar fi anevoioasă și costisitoare, să se admită funcționarea în continuare la tensiunile respective, precum și extinderile necesare (de exemplu rețelele de 30 kV și 5 kV din București, rețeaua de 25 kV din regiunea petroliferă Muntenia etc.) ;

— dacă instalațiile sînt puțin importante, să se procedeze la trecerea treptată la tensiuni noi, după studii amănunțite făcute de la caz la caz.

Totodată, s-a prevăzut ca neutrul rețelelor de 110 kV să fie legat direct la pămînt, iar al celor de 35 kV să rămînă izolat, sau legat la pămînt prin bobină de stingere acordată dacă curentul capacitiv depășește 5 A.

Pe măsura realizării planului de electrificare, aceste principii de bază au fost îmbunătățite pe parcurs, în cadrul proiectării instalațiilor respective.

3. Dezvoltarea liniilor de transport și distribuție

Începînd cu primul an al planului de electrificare, s-a trecut la proiectarea și executarea unor lucrări importante de linii de înaltă și medie tensiune. Dezvoltarea liniilor electrice de energie în perioada 1950—1960 rezultă din următoarea tabelă, în care sînt indicate lungimile totale ale liniilor existente la începutul și sfîrșitul perioadei și ritmul mediu de creșteri :

	1950	1960	km/an
Linii 110 kV	127 km	cca. 2 900 km	277
Linii 35 kV și 60 kV	cca. 480 km	cca. 3 300 km	281
Linii 6—30 kV	cca. 3 100 km	cca. 12 500 km	940

Dezvoltarea rețelei de 110 kV a fost mult mai accentuată în special în ultimii ani de realizare a planului de electrificare. Rețelele de 35—60 kV s-au dezvoltat însă într-o măsură mai mică, deoarece puterea nou instalată în centrale a fost dirijată, în cea mai mare parte, prin linii de 110 kV, spre centrele importante de consum, la distanțe relativ mari.

La alegerea materialului pentru confecționarea stîlpilor a fost necesar să se țină seama, în afara condițiilor tehnico-economice generale și de condițiile specifice țării noastre. Astfel, întrucît utilizarea oțelului laminat și a lemnului a rezultat mai eficientă în alte domenii ale economiei naționale, s-a urmărit evitarea folosirii lor pentru construcția liniilor electrice aeriene.

Pornind de la aceste condiții, proiectanții și constructorii de linii și-au dirijat eforturile spre utilizarea stîlpilor de beton armat, în special a stîlpilor de beton armat centrifugat, datorită avantajelor multiple pe care le prezintă aceștia. Introducerea stîlpilor de beton armat s-a făcut treptat : în 1952 la linii de 6 și 15 kV, în 1953 la linii de 35 kV, în 1955 la linii de 110 kV cu simplu circuit și în 1959 la linii de 110 kV cu dublu circuit.

Actualmente liniile electrice aeriene se construiesc aproape exclusiv pe stîlpi de beton armat (liniile de 35—110 kV pe stîlpi de beton armat centrifugat și liniile de 6—15 kV pe stîlpi de beton armat centrifugat sau vibrat), stîlpii metalici fiind utilizați numai ca stîlpi speciali la liniile de 110 kV sau în zone cu teren accidentat.

Stîlpii de beton armat ai liniilor aeriene de energie electrică sînt confecționați în ateliere speciale de prefabricare, asigurîndu-se astfel o producție continuă de calitate superioară. Utilizarea pe scară largă a prefabricatelor a permis în același timp reducerea continuă a duratei de execuție, prin industrializarea lucrărilor de linii.

Soluțiile de proiectare adoptate pentru construcția liniilor au trebuit să corespundă, din punct de vedere tehnic, condițiilor prevăzute de prescripțiile oficiale. Pentru realizarea liniilor la un preț de cost cît mai scăzut, a fost însă necesar ca, pe lîngă îmbunătățirea continuă a soluțiilor tehnice adoptate, să se revizuiască prescripțiile oficiale, pe baza unor observații mai detailate și sistematice făcute la liniile în funcțiune. Ca urmare, în 1959 prescripțiile romînești pentru construcția liniilor electrice (ediția 1952) au fost din nou revizuite. Prin noile prescripții s-au modificat măsurile de siguranță ce trebuie luate la traversarea liniilor peste șosele și căi ferate, sarcinile de calcul ale stîlpilor de susținere și întindere etc. Prin această revizuire a prescripțiilor, economiile de investiții ce se realizează la liniile de 110 kV cu simplu circuit sînt de circa 5,2%, iar la liniile cu dublu circuit de circa 5,7%.

Din punct de vedere constructiv, în perioada 1955 — 1957 stîlpii de beton armat centrifugat folosiți pentru liniile de 110 kV cu simplu circuit au fost de tipul portal. Începînd din 1958 liniile de 110 kV s-au

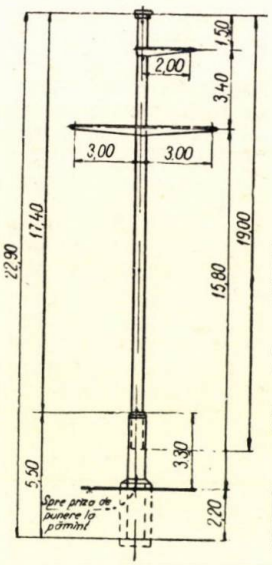


Fig. 1. Stîlp de susținere din beton armat centrifugat pentru linii de 110 kV cu simplu circuit

Echipament

Conductoare active 3 × 185mm OL—AL 1/6
Conductoare de protecție 1 × 50 mm² OL

Consum de materiale pe bucata de stîlp

Beton armat 2,45 m³
Oțel beton : varianta OL 38...1 135 kg
varianta OL × 52... 985 kg

Domeniu de utilizare

Regiunea meteorologică	I	II
Deschiderea nominală (m)	230	265

construit pe stîlpi de beton armat centrifugat cu un singur picior avînd conductoarele dispuse în triunghi. Acest stîlp este compus din două tronsoane centrifugate, îmbinate prin telescopare (fig. 1). Cele două console și vîrfarul sînt confecționate din beton armat vibrat.

Pentru stîlpii de beton armat centrifugat ai liniilor de 110 kV cu dublu circuit, s-a adoptat de la început (1959) tipul de stîlp cu un picior avînd conductoarele dispuse în hexagon. Stîlpul este alcătuit

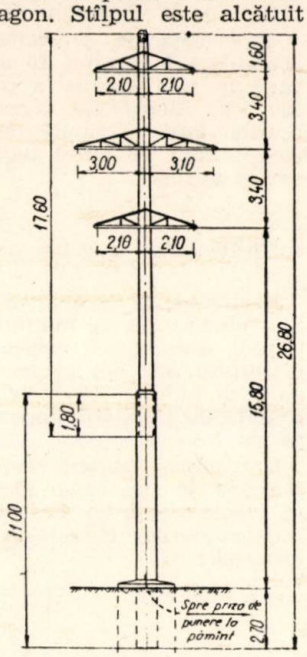


Fig. 2. Stîlp de susţinere din beton armat centrifugat pentru linii de 110 kV cu dublu circuit

Echipament

Conductoare active 6×185 mm² OL—AL 1/6
Conductoare de protecţie 1×50 mm² OL

Consum de materiale pe bucata de stîlp

Beton armat 2,84 m³
Oţel beton:
varianta OL 38... 2 013 kg
varianta OL×52... 1 874 kg

Domeniu de utilizare

Reg. meteorologică	I	II
Deschid. nomin. (m)	230	265

tot din două tronsoane centrifugate îmbinate prin telescopare (fig. 2). Cele trei console ale stîlpului sînt confecţionate din bare de oţel laminat.

Stîlpii de beton au fost proiectaţi în două variante în ceea ce priveşte calitatea oţelului folosit: OL 38 şi OLx52. Prin folosirea oţelului superior OLx52,

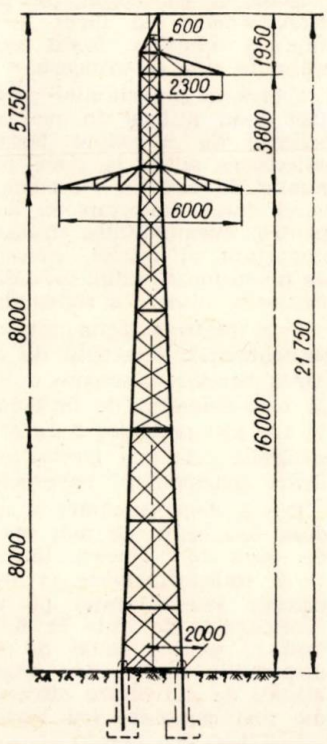


Fig. 3. Stîlp de susţinere metalic pentru linii de 110 kV cu simplu circuit

Echipament

Conductoare active 3×185 mm² OL—AL 1/6
Conductoare de protecţie 1×50 mm² OL

Consum materiale pe buc. de stîlp

Oţel cornier	778 kg
Tablă	78 kg
Oţel beton	838 kg
Total oţel laminat	1 694 kg

Domeniu de utilizare

Reg. meteorologică	I	II
Deschid. nomin. (m)	260	265

s-au obţinut economii de circa 13—14% la cantitatea de oţel beton şi de circa 8,5% la preţul de cost.

O reducere importantă a consumului de materiale şi a cheltuielilor de investiţie se va putea realiza o dată cu introducerea stîlpilor de beton cu armătură pretensionată. În acest sens s-au construit în ţară stîlpi de beton armat vibrat şi centrifugat cu armătură pretensionată pentru tensiunile de 6—15 kV, fiind în curs de realizare şi stîlpii pentru liniile de 35 kV. În continuare se urmăreşte extinderea stîlpilor de beton cu armătură pretensionată şi pentru construcţia liniilor de 110 kV.

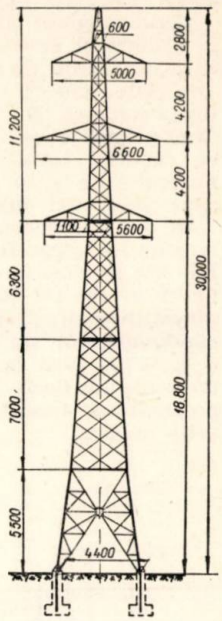


Fig. 4. Stîlp de susţinere metalic pentru linii de 110 kV cu dublu circuit

Echipament

Conductoare active 6×185 mm² OL—AL 1/6
Conductoare de protecţie 1×50 mm² OL

Consum de materiale pe bucata de stîlp

Oţel cornier	1 585 kg
Tablă	2 210 kg
Oţel beton	1 380 kg
Total oţel laminat	3 175 kg

Domeniu de utilizare

Regiunea meteorologică	I	II
Deschiderea nominală (m)	260	305

Stîlpii metalici pentru liniile de 110 kV (fig. 3 şi fig. 4) au aceeaşi dispoziţie a conductoarelor ca şi cei de beton, putînd fi astfel utilizaţi şi în liniile pe stîlpi de beton. Consumul de oţel laminat pentru

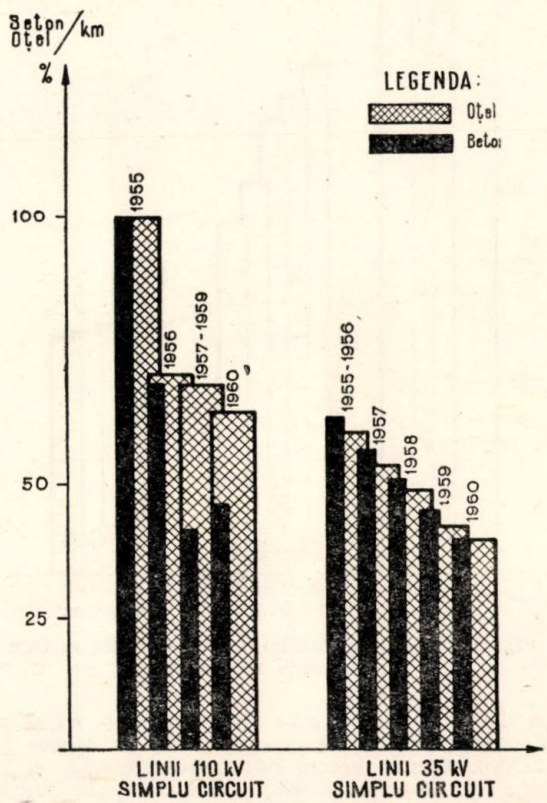


Fig. 5. Variaţia consumului specific de materiale pentru stîlpii liniilor electrice aeriene în perioada 1955—1960

liniile de 110 kV construite pe stîlpi metalici este în medie următorul :

— linii cu simplu circuit 9,5 t/km ;

— linii cu dublu circuit 15 t/km.

De remarcat că în ultimul timp diagonalele acestor stîlpi au fost realizate din oţel-beton, economisindu-se astfel cantităţi importante de oţel cornier.

Conductoarele active ale liniilor de 35 şi 110 kV proiectate şi executate după anul 1950 au fost realizate din funie de oţel-aluminiu, iar conductoarele de protecţie contra supratensiunilor atmosferice din funie de oţel. Nu s-au folosit conductoare de cupru. Conductoarele de oţel-aluminiu sînt de tipul normal, cu raportul între oţel şi aluminiu de 1/6; în cazuri excepţionale s-au folosit conductoare cu raport 1/4 sau chiar mai mare.

În privinţa măsurilor de protecţie împotriva supratensiunilor atmosferice, se menţionează că liniile de 110 kV au fost proiectate la început cu conductoare de protecţie pe toată lungimea. În scopul reducerii investiţiilor şi al stabilirii experimentale a eficacităţii conductoarelor de protecţie, după 1957 s-au executat o serie de linii la care nu s-au montat conductoare de protecţie decît la capete (cîte 2—3 km), lăsîndu-se posibilitatea montării lor ulterioare, dacă se va dovedi necesar.

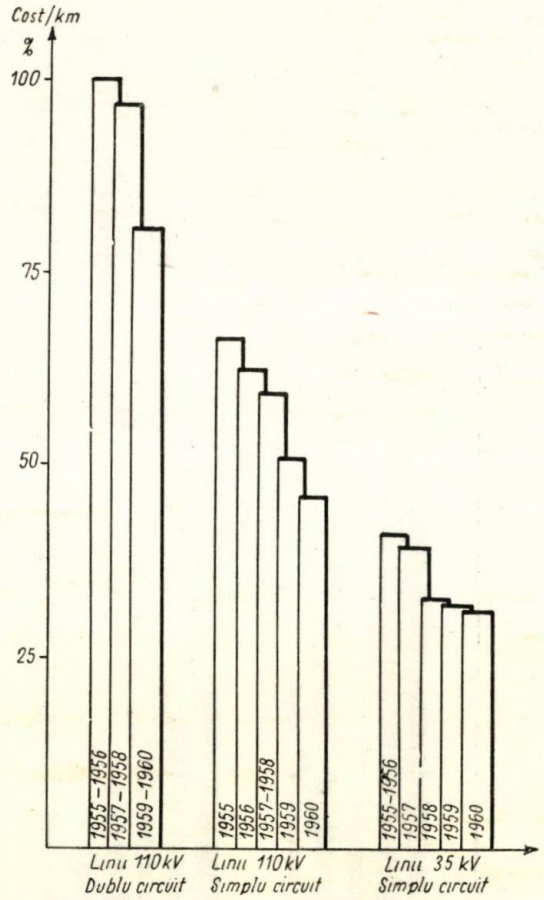


Fig. 6. Reducerea costului liniilor electrice aeriene în perioada 1955—1960

La liniile de 35 kV nu s-au prevăzut şi nu se prevăd conductoare de protecţie decît la capete (cîte 2—3 km). Pentru aceste linii s-au proiectat şi executat tipuri speciale de stîlpi, mai reduşi ca înălţime, la care nu s-a mai lăsat posibilitatea montării conductoarelor de protecţie.

Preocupările continue, dirijate spre raţionalizarea şi simplificarea tuturor elementelor constitutive ale liniilor (inclusiv fundaţii, instalaţii de legare la pămînt etc.), au condus la o reducere sistematică a consumului specific de materiale şi a costului specific al liniilor în ansamblu (fig. 5 şi fig. 6).

Experienţa de proiectare, execuţie şi exploatare acumulată în ultimii 10 ani a creat premisele realizării în ţara noastră a primelor linii de 220 kV şi 380 kV. Elementele constructive necesare realizării acestor linii — tipuri de stîlpi, tipuri de fundaţii etc. — sînt de altfel deja definitivate, la un nivel tehnic avansat.

4. Dezvoltarea staţiilor de transformare

Realizarea în ţară a celor dintîi proiecte de staţii de transformare de înaltă tensiune, precum şi a montajului instalaţiilor respective, a întîmpinat serioase dificultăţi atît din cauza lipsei de experienţă cît şi datorită faptului că între primele lucrări au figurat o serie de instalaţii importante, de o structură complexă.

Dezvoltarea puterii instalate în staţiile de transformare pe perioada 1950—1960, în afara staţiilor de transformare ale centralelor şi a celor din incinta întreprinderilor industriale, este arătată în tabela ce urmează :

	1950	1960
Staţii 110 kV	cca. 14 MVA	cca. 1 200 MVA
Staţii 35—60 kV	cca. 120 MVA	cca. 1 000 MVA
Staţii 3—30 kV	cca. 800 MVA	cca. 2 500 MVA

Evoluţia concepţiei de proiectare a staţiilor de transformare s-a făcut în sensul ameliorării continue a soluţiilor. Acest lucru se va arăta mai detailat în cele ce urmează.

Schemele conexiunilor primare. În perioada 1951—1956 s-au utilizat în marea majoritate a cazurilor scheme de conexiuni bogate, de regulă cu bare colectoare duble la toate tensiunile şi cu un mare număr de circuite racordate la acestea. Profilul fiecărei staţii proiectate în acea perioadă a fost ales pentru eventualitatea transformării ei într-un nod important al reţelei, concepţie în parte justificată de unele incertitudini care existau în legătură cu configuraţia viitoare a sistemului energetic naţional.

Prin reglementările introduse în 1956, s-au simplificat mult schemele de conexiuni primare. Utilizarea barelor colectoare duble s-a limitat la cazurile în care numărul de linii racordate este cel puţin 4 la 110 kV, respectiv 5 la 35 kV. În acest fel pentru situaţiile cele mai frecvente şi-au găsit o largă utilizare schemele cu bare colectoare simple.

Din a doua jumătate a anului 1959 au fost introduse din ce în ce mai mult scheme economice, ca de exemplu : blocuri linie-transformator sau linie — 2 transformatoare la toate tensiunile, reactoare (simple sau divizate) pe transformatoare în locul reactoarelor de linie la 6 kV etc. Se menţionează însă că pentru astfel de scheme, respectiv pentru dispoziţiile constructive aferente, s-au asigurat posibilităţi de dezvoltare ulterioare în cadrul unor scheme mai complexe (cu bare colectoare).

Instalaţii de înaltă tensiune. În ceea ce priveşte dispoziţiile constructive pentru instalaţiile de tip exterior, sînt de remarcat următoarele :

a) Cadrele pentru întinderea conductoarelor au fost proiectate şi realizate numai din elemente prefabricate de beton armat în variantele : vibrat (1951—1957) şi centrifugat (1955—1960).

Se menţionează că în ultimul an, ca urmare a reconsiderării condiţiilor de întindere a conductoarelor (fig. 7), s-au proiectat şi executat cadre remarcabile prin supleţea şi economicitatea lor (fig. 8).

Ca urmare a acţiunii de uniformizare şi tipizare a soluţiilor constructive, s-au redus, în comparaţie cu perioada anterioară, de la 11 la 5 numărul tipurilor de stîlpi şi de la 11 la 4 numărul tipurilor de rigle. Cu acest număr redus de elemente se pot realiza toate tipurile uzuale de staţii de 110 kV şi 35 kV.

suporţi cu un picior la 35 kV, eliminarea capitelului de la partea superioară a suportului etc. Recent (1960) au fost realizaţi primii suporţi de aparate din elemente centrifugate, soluţie ce urmează a fi generalizată. Ca şi în cazul cadrelor pentru întinderea conductoarelor, în urma acţiunii de uniformizare şi tipizare a soluţiilor constructive s-a limitat numărul tipurilor de suporţi la 3, faţă de 10 în perioada anterioară, pentru toate tipurile uzuale de staţii de 110 kV şi 35 kV.

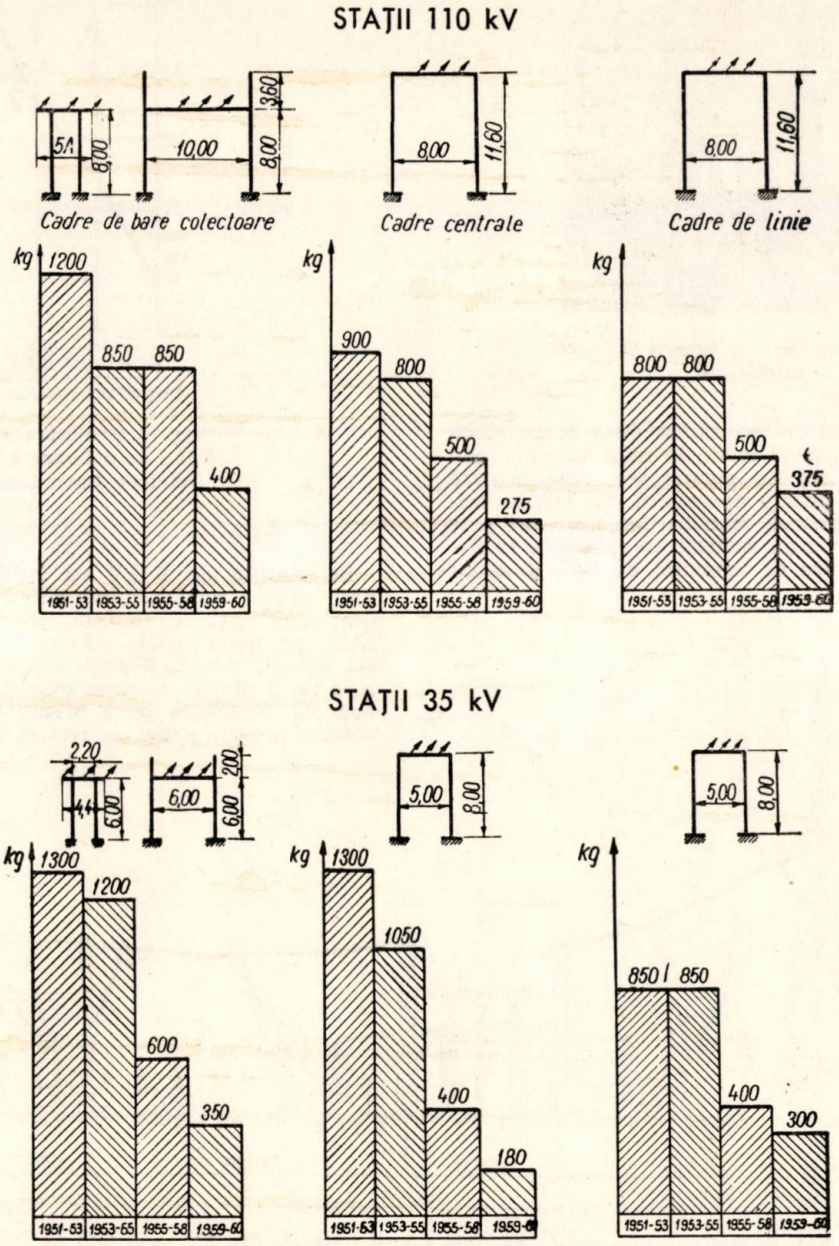


Fig. 7. Variaţia eforturilor de calcul în conductoare pentru cadrele din staţiile exterioare

b) Suporţii pentru aparate (separatoare, transformatoare de măsură, siguranţe, descărcătoare) s-au realizat tot din elemente prefabricate de beton armat. Pînă la sfîrşitul anului 1959 s-a preferat tipul vibrat, care a suferit în decursul timpului o serie de ameliorări: înlocuirea traverselor de beton greoaie şi ancombrante cu traverse metalice, trecerea la

c) Terenul ocupat a fost redus succesiv prin mărirea gradului de utilizare a suprafeţei îngrădite.

În perioada 1951—1956 transportul aparatelor în incinta staţiilor s-a rezolvat printr-o reţea bogată de drumuri. Complexitatea schemelor şi includerea în cadrul îngrădirii generale a spaţiului necesar unor extinderi pentru perspective de dezvoltare a staţiei

foarte îndepărtate au condus la ocuparea unor mari suprafeţe de teren şi la obţinerea unui indice de folosire a terenului relativ redus.

Suprapunerea căilor de circulaţie, realizate sub forma de căi ferate, peste canalele de cabluri a condus la o creştere medie de 10% a indicelui de folosire a terenului în perioada 1956—1958.

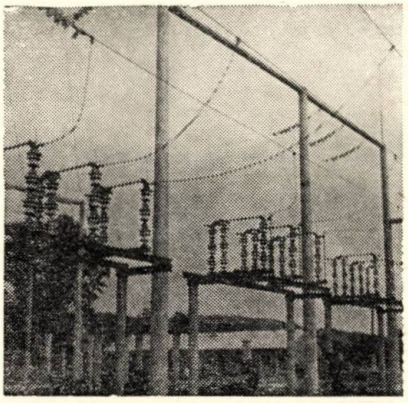


Fig. 8. Tipuri noi de suporţi şi cadre centrifugate

În sfîrşit, prin înlocuirea căilor de circulaţie cu spaţii de circulaţie neamenajate în mod special, prin folosirea suporţilor noi de separatoare, care asigură gabarite de trecere pentru aparatajul din celula respectivă, prin simplificarea canalizărilor şi uneori prin eliminarea clădirilor, s-au realizat, în perioada 1959—1960, indici de folosire ai terenului de 50% şi chiar mai mari (56%).

această soluţie conduce la o scurtare a duratei de execuţie a lucrărilor prin reducerea ponderei lucrărilor de construcţie.

Dispoziţiile constructive pentru aparatajul de interior s-au dezvoltat în clădiri sau în cabine metalice dispuse în aer liber.

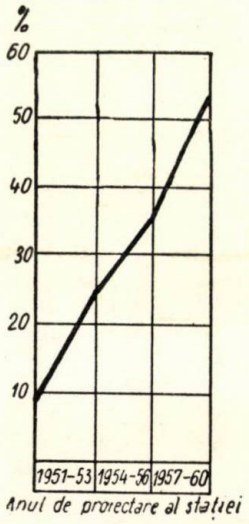


Fig. 10. Evoluţia coeficientului de utilizare a suprafeţei de teren îngrădite

La staţiile de 6 kV cu bobine de reactanţă pe linii, prima soluţie constructivă elaborată corespundea unei dispoziţii a echipamentului de înaltă tensiune pe două nivele (1951). În perioada 1953—1954 s-a folosit, pentru 2 staţii de transformare, o dispoziţie pe 3 nivele. Această soluţie dovedindu-se neeconomică, dispoziţia pe 2 nivele a fost consacrată ca optimă pentru astfel de cazuri. În decursul timpului

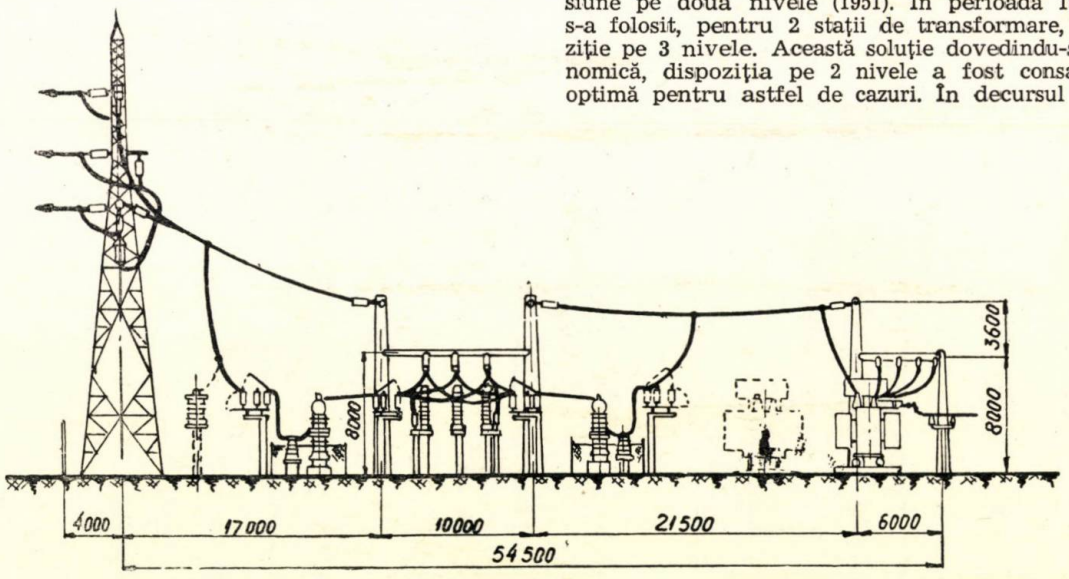


Fig. 9. Secţiune prin celula de linie a unei staţii de 110 kV executată în 1960

Recent s-a proiectat, fiind în curs de experimentare, o soluţie nouă privind dispoziţia barelor colectoare din staţiile exterioare de 35 kV. În această soluţie barele sînt realizate din ţevi de aluminiu dispuse după muchiile unei prizme triunghiulare şi sprijinite pe bornele separatoarelor de bare (fig. 11). Pe lîngă avantajele economice pe care le oferă, prin eliminarea cadrelor şi izolatoarelor de bare şi prin reducerea suprafeţei de teren ocupate de staţie, i s-au adus însă o serie de ameliorări în scopul reducerii volumului de construcţie:

— s-au eliminat culoarele laterale de la parter, păstrîndu-se numai culoarul central din faţa boxelor bobinelor de reactanţă (1952);

— pentru rezolvarea problemei spaţiului neocupat care rezultă la parter la celulele fără bobine de reactanţă, s-au încercat, cu rezultate bune, două soluţii: folosirea acestui spaţiu pentru o instalaţie de 15 kV

(staţia Craiova — 1958) sau adoptarea unui pas celular diferit la cele două nivele (staţia Bucureşti — Centru — 1958) ;

— s-au micşorat dimensiunile spaţiilor de circulaţie, reglementîndu-se aceste măsuri în cadrul noilor prescripţii.

S-a ajuns astfel ca la ultimul proiect elaborat (1960) volumul celular să fie cu 40—50% mai redus în comparaţie cu soluţiile din perioada 1951—1956.

Instalaţii de comandă, control, protecţie şi automatizare. Pentru majoritatea staţiilor de transformare s-a prevăzut sistemul de exploatare cu personal permanent. În perioada 1950—1957, în toate cazurile, aparatajul de comandă, control, protecţie şi automatizare a fost centralizat într-o cameră de comandă de concepţie clasică.

În vederea simplificării reţelelor de cabluri şi a camerei de comandă însăşi, s-a trecut la descentra-

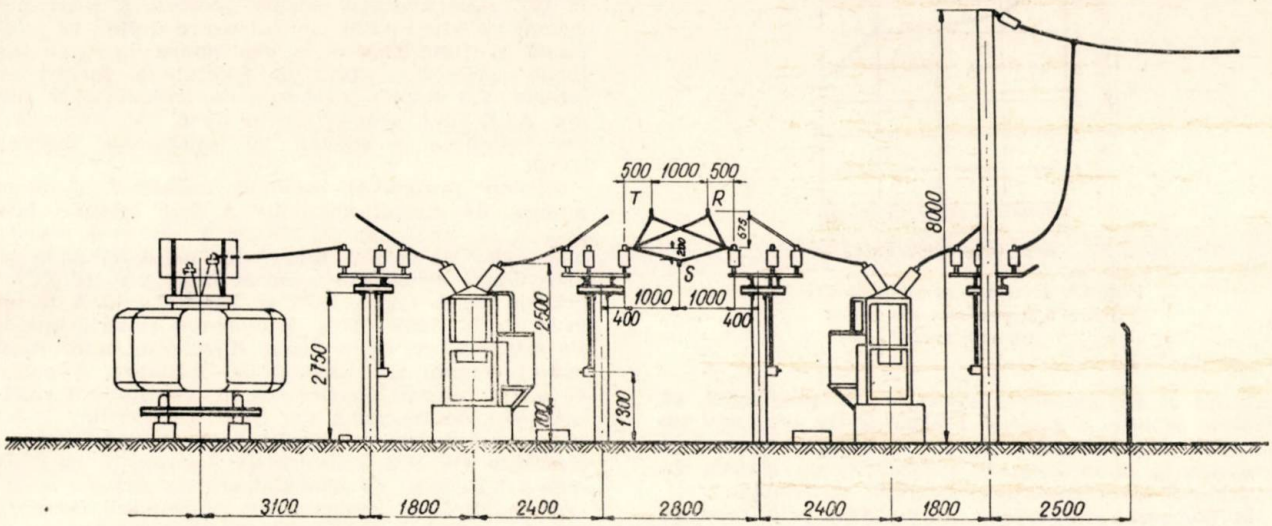


Fig. 11. Secţiune prin celula de linie a unei staţii de 35 kV cu bare rigide (proiect 1960)

La staţiile importante de 6—15 kV, însă fără bobine de reactanţă pe linii, s-au adoptat dispoziţii în clădire pe două nivele în perioada 1950—1957 şi pe un nivel (de regulă cu două culoare de deservire) în perioada 1957—1960. Ultima soluţie este singura folosită în momentul de faţă (fig. 12).

lizarea aparatajului de comandă, control, protecţie şi automatizare, prin montarea lui la celulele de înaltă tensiune. Această soluţie s-a aplicat mai întîi instalaţiilor de tip interior, realizîndu-se fie o descentralizare parţială la staţiile obişnuite, la care numai aparatajul de 6—15 kV se găseşte montat

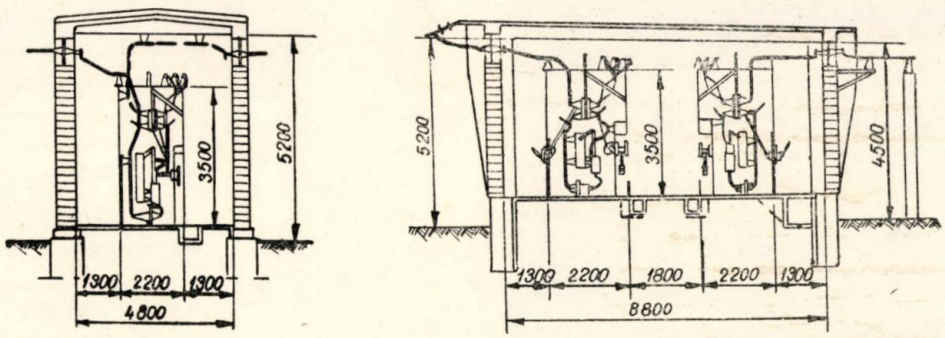


Fig. 12. Secţiune prin staţii de 6 kV fără bobine de reactanţă pe linii executate în 1960

Instalarea celulelor de 6—15 kV în cabine metalice de exterior s-a făcut în perioada 1950—1958 în general numai pentru staţiile cu caracter temporar. Începînd din 1960 utilizarea lor a fost extinsă şi la anumite staţii definitive de importanţă mai redusă. Costul actual al acestor cabine este însă numai cu circa 10% mai mic decît al celulelor în clădiri de zid şi din acest motiv sînt preferate numai în cazurile în care prezintă avantaj eşalonarea investiţiilor sau rapiditatea execuţiei.

Recent fabrica „Electroputere" — Craiova a pus în fabricaţie celule metalice de 6 kV de tip închis pentru interior. Acest produs, deosebit de avantajos pentru instalaţiile de înaltă tensiune din întreprinderile industriale şi pentru serviciile interne din centrale, urmează a fi folosit în viitor şi la staţiile de transformare din reţele.

în interior, fie o descentralizare totală în cazurile speciale cînd întreaga instalaţie se găseşte în clădire.

În vederea îmbunătăţirii condiţiilor de exploatare s-a experimentat (1958—1960) la două staţii importante de 110 kV (Piteşti şi Bucureşti-Centru) un sistem perfecţionat de semnalizare realizat sub formă de schemă sinoptică luminoasă, precum şi comanda prin alegere. Este demn de menţionat faptul că s-a folosit exclusiv echipament fabricat în ţară de tipul celui livrat pentru automatizarea căilor ferate.

Problema eliminării personalului permanent din staţiile de transformare a fost rezolvată, în cazul staţiilor de importanţă secundară, prin adoptarea sistemului „supraveghere de la domiciliu". Această soluţie a fost introdusă pentru prima oară (1957) la cîteva staţii de 35 kV. Recent (1959—1960), 4 staţii

de 110 kV au fost proiectate în același sistem și urmează să intre în funcțiune în cursul anului 1961. La stațiile fără personal permanent de exploatare, întregul aparataj de comutație secundară s-a descentralizat la celulele de înaltă tensiune, atît în interior cît și în exterior. S-au menținut centralizate numai comenzile și semnalizările transformatoarelor,

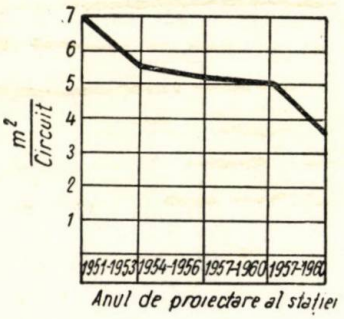
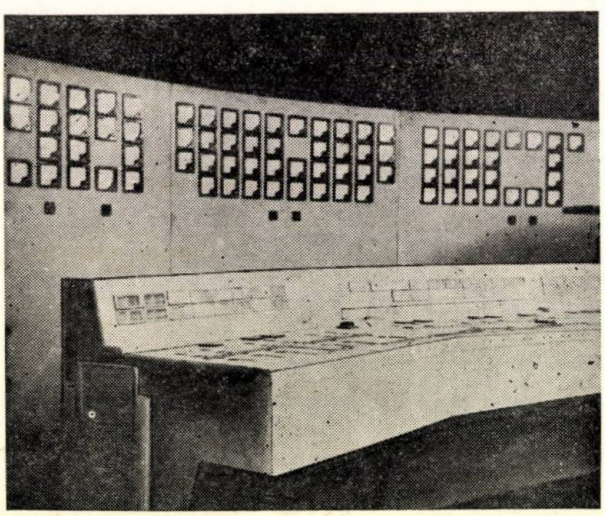


Fig. 13. Evoluția gradului de utilizare a suprafeței camerelor de comandă

precum și semnalizările generale. Se precizează că această soluție a permis realizarea de economii la lucrările de investiții pentru comutația secundară evaluate la circa 15%, în comparație cu stațiile cu aparatajul de comutație secundară centralizat.

În domeniul instalațiilor de protecție prin relee se deosebesc următoarele etape :

De la începutul perioadei analizate și pînă în anii 1955—1956 se prevedeau în toate cazurile protecții de rezervă care de multe ori dublau protecțiile de bază. Astfel era cazul liniilor de 110 kV, care, deși aveau protecție de distanță completă, din cauza nesiguranței în funcționarea releelor respective (relee de



Fip. 14. Camera de comandă de la stația Pitești

tip D — 200), erau echipate și cu protecții maximale în două trepte de timp. Pe lîngă acestea la linii paralele se mai prevedeau și protecții diferențiale transversale.

Începînd din 1955, bazați atît pe propria experiență cît și pe tendința generală de simplificare a instalațiilor de protecție prin relee, manifestată în U.R.S.S. și în alte țări, schemele de protecție au început să fie simplificate, fără ca prin aceasta să fie reduse calitățile pe care trebuie să le satisfacă. Se menționează că din anul 1956 au început să fie folosite în schemele de protecție relee de fabricație românească.

În vederea măririi gradului de siguranță al instalațiilor și reducerii personalului de exploatare s-au introdus, pe scară largă, automatizările. Încă de la primele lucrări (1951) s-a prevăzut reanclanșarea automată trifazică RART a liniilor aeriene de înaltă tensiune. Începînd din 1955 s-a introdus pe toate liniile de 110 kV — atît cele noi cît și cele în funcțiune — reanclanșarea automată monofazată RARM. În 1957 s-au executat primele proiecte și s-a experimentat pe viu RARM cu declanșare definitivă monofazată și funcționarea în continuare în două faze. Într-o serie de cazuri, în special la lucrări mai recente, s-a folosit la stațiile de transformare sistemul AAR (mai ales pe partea de 6 kV) și descărcarea automată a sarcinii în funcție de frecvență (DAS).

Servicii proprii și instalații auxiliare. Consumul propriu de curent alternativ a fost asigurat întotdeauna la tensiunea de 380/220 V. Puterea transformatoarelor de servicii proprii (6—15/0,4 kV și în mod excepțional 35/0,4 kV) a variat între 2×180 kVA la primele stații (1951—1957) și $2 \times 25/50$ kVA la ultimele stații (1959—1960). Micșorarea puterii instalate s-a datorat, pe de o parte, dispariției unor consumatori (turnul sau portalul de decuvare, gospodăria de ulei, atelierul electromecanic, ventilația forțată a bobinelor de reactanță sau chiar a bateriilor de acumulatoare etc.) și, pe de altă parte, micșorării puterii absorbite de alți consumatori (grupurile de încărcare a bateriilor de acumulatoare, ca urmare a reducerii mărimii acumulatoarelor, iluminatul interior și exterior, din cauza micșorării suprafețelor de iluminat, etc.).

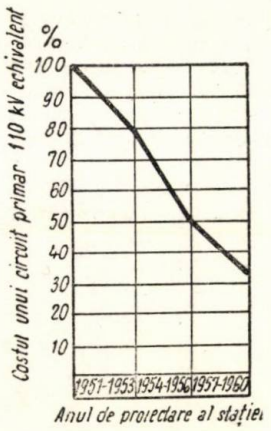


Fig. 15. Evoluția costului specific al stațiilor

Pentru instalațiile de curent continuu operativ, s-a adoptat de regulă tensiunea de 220 V, întrucît ea corespundea necesităților dictate de lungimea mare a traseelor de cabluri, valorii ridicate a curenților absorbiți de consumatori, comodității în folosirea acelorași lămpi pentru iluminat fie în curent alternativ, fie în curent continuu (iluminat de siguranță). Existența unor consumatori cu șocuri mari (dispozitivele de acționare electromagnetice ale întreruptoarelor de 6—110 kV) a condus la prevederea de baterii de acumulatoare mari (LS 10 — LS 12).

Prin introducerea acționărilor pneumatice la întreruptoarele de 110 kV, începînd din 1956, și mecanice cu greutate la întreruptoarele de 6—10 kV, începînd din 1957, s-a reușit să se simplifice mult instalația de curent continuu : tipul elementelor bateriei de acumulatoare a scăzut de la LS/12 la LS/5 — LS/6, iar la toate stațiile mici de 110 și 35 kV s-a putut utiliza tensiunea de 24 V ; grupurile rotative

pentru încărcarea bateriilor de acumulatoare s-au putut înlocui cu redresoare cu seleniu.

Instalațiile de aer comprimat apar o dată cu introducerea tipului de întreruptor de 110 kV acționat pneumatic. S-a folosit întotdeauna o singură presiune de utilizare, anume 4 ata. Recent (1960) la stațiile care folosesc aerul comprimat pentru acționări, s-a redus numărul compresoarelor de la 2 la 1, studiindu-se totodată posibilitatea renunțării complete la compresor și utilizarea unei butelii încărcate periodic cu aer comprimat sau azot la foarte înaltă presiune. Conductele de cupru ale instalației de aer comprimat au fost înlocuite cu conducte de oțel.

Pentru decuvarea și repararea transformatoarelor la început (1951—1956), stațiile importante au fost prevăzute cu turnuri de decuvare, gospodării de ulei, respectiv cu căi ferate de acces pentru transportul transformatoarelor. Ulterior (1956) la aceste stații turnurile de decuvare s-au înlocuit cu portaluri de decuvare, iar gospodăriile de ulei s-au eliminat complet. Începînd din 1959 s-a renunțat de regulă și la aceste portaluri, reparațiile urmînd a se face la centre regionale special amenajate.

5. Electrificarea urbană.

Creșterea continuă a nivelului de trai material și cultural al populației a fost însoțită de o dezvoltare sistematică a consumului de energie electrică edilitar și casnic.

Consumul de energie electrică în scopuri edilitare și casnice a crescut, în perioada celor 10 ani de realizare a planului de electrificare, cu 115% (de la 70 kWh/loc în 1950 la 150 kWh/loc în 1960). În vederea satisfacerii acestor cereri mereu crescînde de energie electrică, rețelele urbane din țara noastră s-au dezvoltat atît cantitativ cît și calitativ.

Lucrările de modernizare și sistematizare a rețelelor de electrificare urbană, efectuate în baza unor studii de perspectivă cu o temeinică analiză teoretică, au condus la îmbunătățirea radicală a situației în majoritatea orașelor.

În cele ce urmează se vor trece în revistă realizările mai importante în acest domeniu :

— trecerea distribuției de pe curent continuu pe curent alternativ, în marea majoritate a cazurilor prin executarea unor rețele noi de curent alternativ, capabile să transporte puteri mult mai mari (de exemplu orașele Craiova, Galați, Brăila, Ploești, Pitești .etc.) ;

— uniformizarea rețelelor de distribuție de medie tensiune din interiorul aceluiași oraș, întrucît într-o serie de orașe existau rețele de distribuție de diferite tipuri : în orașul Timișoara rețea de 2 kV bifazat și rețea de 10 kV trifazat, în orașul Craiova rețea de 3 kV și 6 kV, în orașul Bacău rețea de 5 kV și 6 kV etc. ;

— trecerea rețelelor de 42 Hz la 50 Hz ;

— racordarea la sistem a majorității orașelor (în prezent în proporție de 70%) în scopul preluării din sistem, cu energie electrică ieftină, a sporului de consum, în locul extinderii vechilor centrale urbane în marea lor majoritate neeconomice (Iași, Suceava, Bîrlad, Craiova etc.) ;

— pătrunderea înaltei tensiuni cît mai adînc în interiorul orașelor și transformarea directă de la 110 kV la 6 kV ;

— realizarea mai multor puncte de injecție în rețeaua de distribuție de medie tensiune.

Printre lucrările remarcabile se menționează studiile de sistematizare și modernizare întocmite pentru rețeaua orașului București prin care s-a prevăzut :

— crearea unui inel de 110 kV în jurul orașului și realizarea unor diagonale care trec prin zona centrală în scopul preluării directe a consumului din această zonă ;

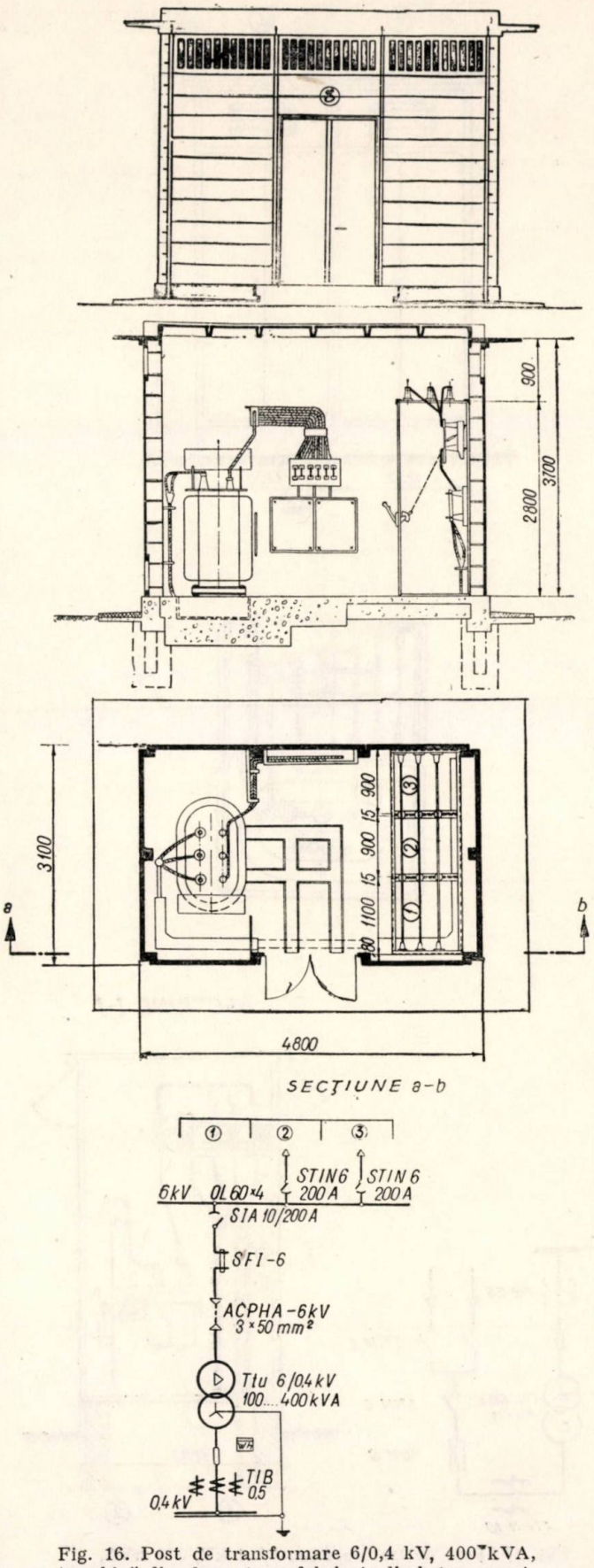
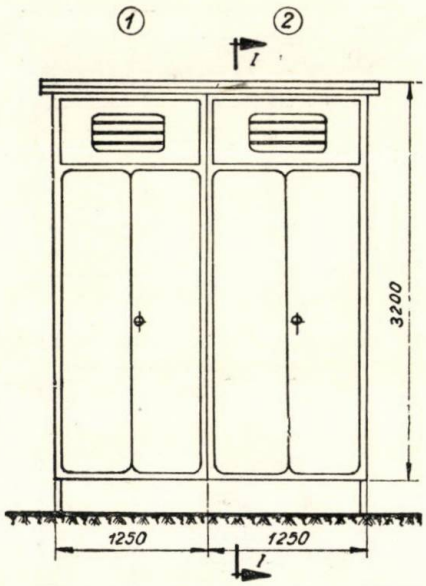
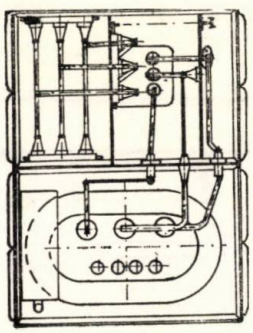


Fig. 16. Post de transformare 6/0,4 kV, 400 kVA, în cabină din elemente prefabricate din beton armat.





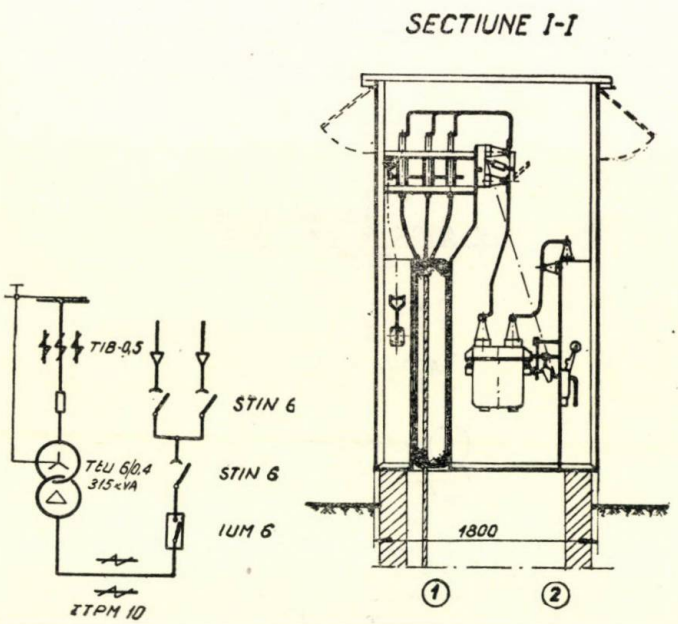


Fig. 17. Post de transformare 6/0,4 kV, 315 kVA, în cabină metalică.

— introducerea unor scheme noi în reţeaua de 5 kV de fidere ;

— trecerea reţelei de 5 kV la tensiunea de 10 kV ;

— buclarea reţelei de joasă tensiune pe zona unui punct de alimentare.

În prezent aceste prevederi sînt în parte realizate.

Pentru alimentarea centrelor urbane şi a industriilor, s-au executat peste 8000 de posturi de transformare. Soluţiile constructive adoptate pentru execuţia acestor posturi au fost continuu îmbunătăţite, urmărindu-se obţinerea unor indici tehnico-economici cît mai convenabili şi reducerea duratei de execuţie a lucrărilor prin prefabricare şi industrializare.

Distribuţia energiei electrice pe joasă tensiune prin cofrete metalice accesibile din exterior a permis desfiinţarea compartimentelor speciale de joasă tensiune şi prin aceasta indicele de utilizare a volumului construit la posturile de transformare în cabină de zidărie a fost redus de la 0,3 — 0,39 m^3/kVA la 0,16—0,18 m^3/kVA.

În vederea prefabricării construcţiei posturilor de transformare s-a încercat (1959), cu rezultate bune, construcţia unui post de transformare din elemente prefabricate de beton armat îmbinate prin îmbulonare (fig. 16). Se menţionează că pentru execuţia integrală a postului s-au folosit numai 7 tipuri de elemente prefabricate. Aceleaşi tipuri de elemente prefabricate permit executarea posturilor de transformare supraterane de 6 — 10 — 15/0,4 kV cu unul şi două transformatoare. Recent (1960) s-a elaborat proiectul unui post de transformare în cabină metalică complet industrializat (fig. 17). Această soluţie, în curs de asimilare, conduce la un indice de utilizare a spaţiului de 0,05 m^3/kVA.

6. Formarea sistemului energetic naţional

Ca urmare a prevederilor planului de electrificare şi ţinînd seama de repartiţia teritorială a centralelor electrice şi de posibilităţile de legătură dintre ele, s-a preconizat organizarea următoarelor sisteme energetice regionale : Muntenia, Ardealul central şi de nord, Ardealul de vest, Oltenia, Moldova şi Dobrogea. Aceste sisteme energetice s-au construit treptat, distingîndu-se două etape de dezvoltare, şi anume :

— etapa 1950—1954, care reprezintă începutul dezvoltării sistemelor energetice regionale, acestea funcţionînd încă în mare parte izolat ;

— etapa 1955—1959, în care s-a trecut la interconectarea sistemelor energetice regionale, organizîndu-se în acelaşi timp dispecerul naţional.

Datorită repartiţiei consumului şi a centralelor noi puse în funcţiune, în etapa 1950—1954 reţelele de 110 kV s-au dezvoltat numai în sistemele Muntenia, Ardealul central şi Ardealul de vest. În sistemele Moldova şi Dobrogea s-au construit şi pus în funcţiune primele reţele de 35 kV, prin care s-au interconectat în Moldova centrele Bacău, Buhuşi, Comăneşti, iar în Dobrogea centrele Constanţa, Ovidiu, Cernavoda.

În etapa 1955—1960, prin creşterea puterii instalate în centrale şi dezvoltarea rapidă a reţelelor de 110 kV, s-a creat sistemul energetic unic naţional în care sînt interconectate toate centralele importante din ţară şi la care au fost racordate centrele urbane şi industriale mai importante : Timişoara, Cluj, Hunedoara, Reşiţa, Galaţi, Iaşi, Craiova, Baia-Mare, Suceava etc. La sfîrşitul anului 1960, sistemul energetic naţional s-a completat prin racordarea sistemelor locale din regiunile Constanţa şi Oradea. În 1960, peste 90% din producţia totală de energie a fost obţinută din centrale interconectate, Această

interconectare intensă a făcut posibilă folosirea mai bună a centralelor electrice, la un grad sporit de siguranță în alimentarea consumatorilor, a făcut rațională, din punct de vedere economic, modificarea structurii puterii instalate în sensul măririi puterii unitare a grupurilor și trecerea la instalații mai moderne, cu parametri ridicați.

În procesul de interconectare a sistemului energetic național s-au produs aparent numai schimbări cantitative, determinate de extinderea acestuia. În realitate, o dată cu dezvoltarea sistemului național, au apărut o serie de probleme noi care s-au rezolvat la un nivel înalt, ținînd seama de cerințele noi ale economiei socialiste, de tehnica nouă. Astfel, se menționează rezolvările care s-au dat problemelor de stabilitate statică și dinamică și problemei tratării neutrului în rețelele de înaltă și medie tensiune, la care s-au folosit și metode romînești de calcul.

Funcționarea coordonată a sistemelor energetice nu poate fi însă realizată fără o comandă centralizată a acestora. De aceea încă în prima etapă au apărut primele puncte de dispecer energetic din țară, iar după interconectarea celor două sisteme energetice mari, Muntenia și Ardeal și o dată cu creșterea masivă a interconexiunii, dispecerul național.

Funcțiunile dispecerului sînt în esență alimentarea sigură și continuă a consumatorilor, la parametrii tehnici corespunzători și cu respectarea indicilor economici optimi cu privire la costul energiei electrice și consumul specific de combustibil. Realizarea acestor funcțiuni este posibilă prin dotarea tehnică cu telemăsuri, telesemnalizări și telefonie, care permit ca personalul punctului de dispecer să poată fi informat imediat de toate evenimentele din sistem și să poată lua măsuri atît în ceea ce privește refacerea alimentării consumatorilor cît și pentru încadrarea în regimul economic prevăzut.

În vederea îmbunătățirii organizării și funcționării sistemelor energetice, s-a întocmit un proiect de punct de dispecer național în care s-a ținut seama de cele mai noi realizări ale tehnicii.

Soluțiile preconizate în acest proiect corespund perspectivei de dezvoltare probabilă a sistemului energetic în următorii 15—20 ani.

Realizările obținute pînă în prezent au creat premisele pentru desfășurarea pe un front mult mai larg a electrificării țării. Conform Directivelor Congresului al III-lea al P.M.R. producția de energie electrică va crește, în noua etapă, într-un ritm mai rapid decît în perioada 1950—1960.

Se prevede ca producția de energie electrică să crească în perioada 1960—1965 de la 7,7 miliarde kWh la 18,5 miliarde kWh, ceea ce reprezintă o creștere anuală medie de circa 19% față de creșterea anuală medie de 13,7% în etapa 1950—1960.

Creșterea fără precedent a puterii și energiei produse și consumate necesită însă o dezvoltare corespunzătoare a rețelelor electrice de transport și distribuție. Tensiunea de 110 kV devine insuficientă și este necesară construirea unor artere principale la tensiunea de 220 kV și chiar 400 kV. Rețeaua de 110 kV se va dezvolta în continuare pentru racordarea la sistem a noilor centrale electrice și a tuturor centrelor care pînă în prezent nu au fost racordate. În vederea înfăptuirii acestor importante lucrări viitoare este însă necesar să se îmbunătățească în continuare soluțiile proiectelor și metodele de execuție, folosind cele mai noi realizări ale tehnicii, în scopul reducerii investițiilor și ameliorării condițiilor de exploatare.

Dezvoltarea termoficării în cadrul planului de electrificare pe perioada 1951-1960

Prof. ing. IOAN D. STĂNCESCU

Primele preocupări sistematice pentru aplicarea termoficării în țara noastră au apărut în cadrul planului de electrificare pe perioada 1951—1960, pe linia acțiunii generale de folosire cît mai rațională a resurselor noastre energetice pentru producerea de energie electrică. De altfel, însăși denumirea pregnantă de *termoficare* datează din epoca studiilor și lucrărilor de pregătire a acestui plan.

Limitată în primul cincinal mai ales la realizări sub forma termoficării industriale, termoficarea cuprinde spre sfîrșitul perioadei analizate și domeniul termoficării urbane. Ea se dezvoltă acum într-o măsură crescîndă în ambele aceste domenii.

1. Situația din trecut

In trecut nu au existat în țară decît instalații disparate de producere combinată de energie electrică și de căldură, cu caracter exclusiv industrial. Ele au apărut sporadic, datorită nu unor considerente energetice superioare, ci necesității stringente de a dispune, odată cu căldura, și de energie electrică în zone depărtate de puținele rețele electrice publice care funcționau pe acea vreme în unele localități mai importante sau de interes regional restrîns.

Aceste instalații se încadrau în două grupe caracteristice :

Prima grupă, constituită din ceea ce am denumi azi microcentrale de termoficare industrială, cuprindea grupurile electrogene acționate de mașini cu abur cu piston, lucrînd în general cu contrapresiune, și în care energia electrică era produsă prin destinderea unui abur cu parametrii de intrare de numai 10—12 at. Din cauza debitelor de abur mici și a parametrilor coborîți, puterea electrică a acestor grupuri era redusă, variind între cîțiva kW și 300—400 kW. Pe lîngă grupurile care antrenau generatoare electrice, existau și grupuri de puteri similare cu acționări mecanice directe. Majoritatea instalațiilor din această grupă erau de tipuri învechite, funcționînd încă numai datorită unei construcții excepțional de robuste și devotamentului unui personal de deservire care îmbătrînise odată cu ele.

Cea de-a doua grupă cuprindea instalații mai puțin rudimentare, în genere grupuri turbogeneratoare cu puteri și parametri ai aburului viu modești. Numai în două fabrici de hîrtie, de la Bacău și Bușteni, exista și cîte un grup cu abur de înaltă presiune, 120 at, 500 respectiv 475°C, de concepție tehnică înaintată în acea epocă.

Indiferent de grupa de care aparțineau, toate instalațiile au fost realizate ca centrale proprii ale diferitelor întreprinderi, în special fabrici de hîrtie, zahăr și industrii textile, și limitate la interesul și deservirea industriei respective. Din această cauză, o bună parte dintre ele, mai ales cele din grupa a doua, cu toată puterea electrică redusă, erau dotate cu grupuri cu condensație și priză. Din punct de vedere electric, aceste instalații funcționau izolate, adaptîndu-se cererii de putere electrică prin intermediul părților de condensație sau, în cazul grupurilor cu contrapresiune, prin laminare sau evacuare de abur în atmosferă.

Cu totul insuficient au fost folosite în trecut posibilitățile rafinăriilor de petrol, care, cu debite mari de consum de abur și regim puțin variabil, se pretează în mod deosebit la termoficare.

In 1948, instalațiile existente de producere combinată a energiei electrice și a căldurii totalizau o putere electrică instalată de circa 90 MW, cu o producție anuală de circa 360 GWh, din care aproximativ jumătate în regim de condensație. Față de puterea electrică totală instalată atunci în țară, de 730 MW, cota instalațiilor de termoficare reprezenta 12,4%, iar față de producția totală de energie electrică, de 1500 GWh, producția lor se cifra la 24% sau 12% în regim de termoficare pur. Ponderea relativ mare a producției de energie electrică a centralelor de termoficare se explică prin durata de utilizare foarte redusă a puterii instalate în centralele electrice publice din acea vreme.

2. Dezvoltarea termoficării în cadrul planului de electrificare

Deși nu este totdeauna posibilă o distincție netă între termoficarea industrială și cea urbană, totuși, din cauza dezvoltării lor diferit etapizate în cursul celor două planuri cincinale, cele două forme de bază ale termoficării vor fi tratate separat.

2.1. **Termoficarea industrială.** Baza de dezvoltare a termoficării industriale a constituit-o consumul termic tehnologic apărut în acest interval datorită creșterii masive a producției industriale globale în general, precum și creșterii deosebite a producției în unele ramuri industriale mari consumatoare de căldură.

Totodată, posibilitatea oferită de condițiile economiei socialiste de a urmări și din punct de vedere energetic o amplasare sau grupare rațională a noilor industrii cu consumuri importante de căldură a constituit un factor hotărîtor pentru alegerea soluțiilor celor mai indicate și realizarea unor CET industriale puternice, cu indici tehnico-economici favorabili.

Ca orice proces nou, concepția centralelor de termoficare industrială din perioada de 10 ani aci analizată s-a cristalizat treptat, pe măsura în care obiectivele industriale ce urmau a fi alimentate cu căldură și-au precizat cererile, atît ca mărime cît și ca parametri de consum. Trebuie constatat că în această privință sarcinile proiectanților energeticieni nu au fost totdeauna din cele mai ușoare. În multe cazuri, indicațiile preli-

minare de consum termic au fost schimbate esențial de către tehnologi, mai ales în sensul reducerii datelor în urma alegerii unor procese tehnologice ameliorate, sau în sensul unei noi etapizări a intrării în funcțiune a diferitelor grupe de instalații. Cu unele rare excepții, s-a reușit totuși a se face pe parcurs adaptările necesare în CET industriale, cu mari eforturi de proiectare și multă înțelegere din partea furnizorilor de echipament.

Sînt însă de menționat și cazuri în care, printr-o strînsă colaborare între energeticieni și tehnologi, s-a ajuns de la început la reducerea simțitoare a parametrilor căldurii cerute, ameliorînd esențial condițiile de destindere a aburului în turbine și mărind puterea și energia electrică produsă în regim de termoficare pur.

Ținînd seama de toate aceste aspecte ale dezvoltării, centralele de termoficare industrială realizate, intrate în execuție sau proiectate în cursul perioadei 1951—1960 se încadrează în ceea ce privește concepția lor de bază în una dintre următoarele categorii:

a) CET *industriale cu grupuri cu contrapresiune*, amplasate la consumatorul industrial de căldură și a căror putere și producție de energie electrică este dictată de regimul de consum termic.

In funcție de mărimea întreprinderii deservite, astfel de CET s-au instalat cu puteri electrice foarte diferite. Ca exemplu caracteristic de CET industrială mică este de citat CET Gălăuțași, de 750 kW, deservind un combinat industrial de prelucrare a lemnului. Ca soluții practic tipizate sînt de menționat CET prevăzute pentru noile fabrici de zahăr, din care Luduș și Bucecea, intrate în acest an în funcțiune, fiecare cu cîte două grupuri de 3 MW cu parametri aburului viu de 35 at, 435°C și contrapresiune de 3 ata, alimentate din cazane de abur de 20 t/h. Deoarece campania de prelucrare a sfeclei coincide în cea mai mare parte cu perioada de încărcare de iarnă a sistemului electroenergetic, aportul CET din industria zahărului este foarte bine venit, cu atît mai mult cu cît, prin continuitatea și caracterul aproape constant al consumului de abur, se poate conta în întregime pe disponibilitatea puterii electrice a acestor grupuri cu contrapresiune.

Cu CET Govora, cu parametri de 64 at 480°C și cu CET Chiscani, în extindere cu grupuri de 25 MW la 140 at 540°C, cîteva CET industriale din această categorie intră în zona centralelor cu parametri ridicați și puteri mai importante.

Un caz special în această categorie îl constituie CET a rafinăriei R 3 de mari proporții prin debitele de abur livrate. Această CET a fost realizată la timpul său cu 3 grupuri cu contrapresiune de cîte 6 MW cu parametri medii de 40 at 450°C. Dată fiind tendința de creștere în continuare a consumului de abur, care a atins între timp aproape 400 t/h, cît și posibilitatea racordării și a altor consumatori apropiați, se consideră reprofilarea acestei centrale cu un ciclu suprapus la parametri de 140 at. 565°C.

b) CET *industriale de mărime mijlocie sau mici*, amplasate la consumatorul industrial pe care îl deservesc cu căldură și energie electrică și avînd, datorită părții lor de condensație, o oarecare libertate în ceea ce privește regimul electric.

Ca exemple caracteristice pentru această categorie de CET, se pot cita CET a combinatului chimic Făgăraș și CET a combinatului siderurgic Hunedoara, prima echipată cu grupuri de 3 MW la 32 at și 400°C și cu priză reglabilă de 20 t/h la presiunea de 4,5 ata și cea de-a doua cu un grup de 12 MW cu condensație și 2 prize reglabile, de fabricație sovietică.

c) CET *mari*, de importanță regională în ceea ce privește puterea electrică și deservind cu căldură cîteva mari întreprinderi amplasate în apropiere.

Prima CET din această categorie o constituie CET Borzești, descrisă separat în acest număr și pentru care este de reținut că la masiva grupare a consumatorilor

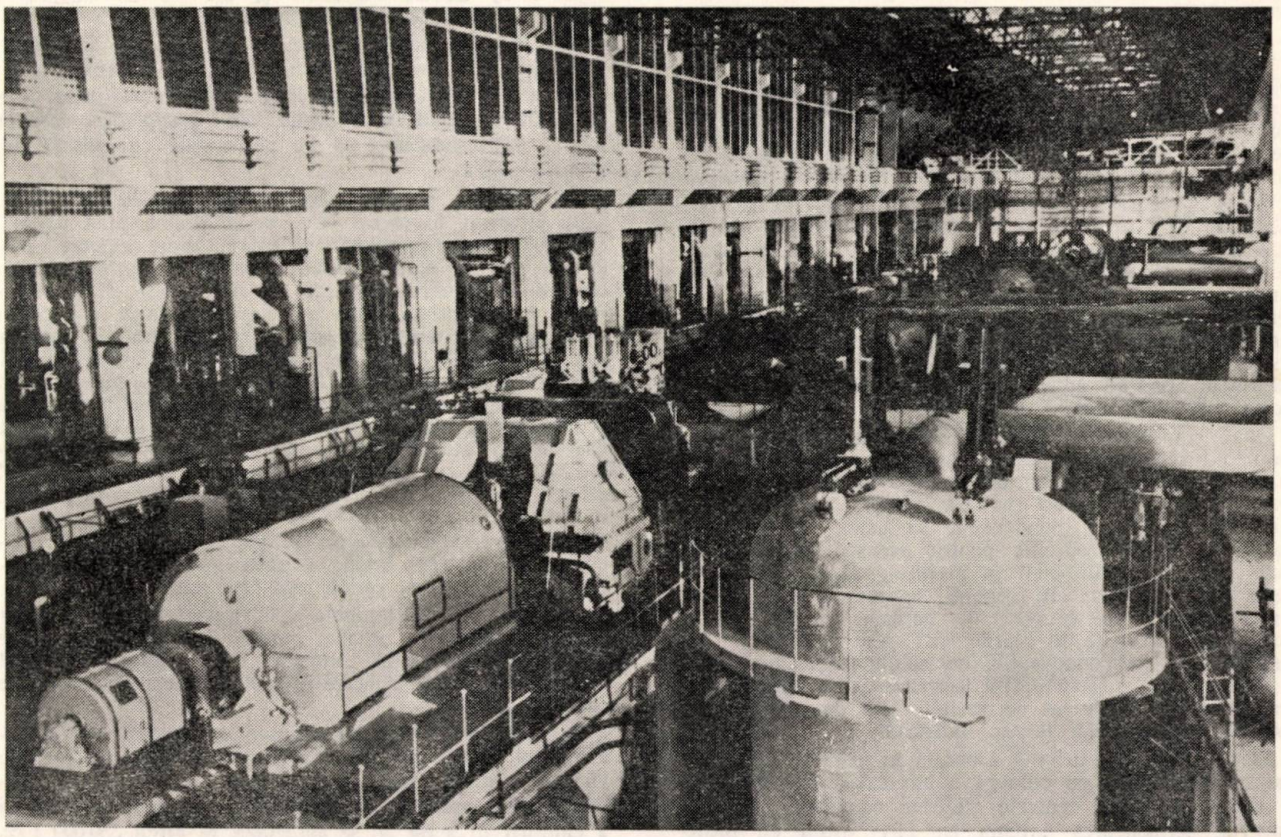


Fig. 1. Vedere din sala mașinilor a CET Borzești, cu instalațiile de termoficare.

termici în jurul acestei centrale, au contribuit esențial considerentele energetice de a-i putea alimenta în condiții favorabile cu abur și energie electrică prin extinderea unor instalații existente.

A doua mare CET regională din această categorie și a cărei construcție este în curs (fig. 2) își datorește baza de consum termic, pe de o parte, raționalizării

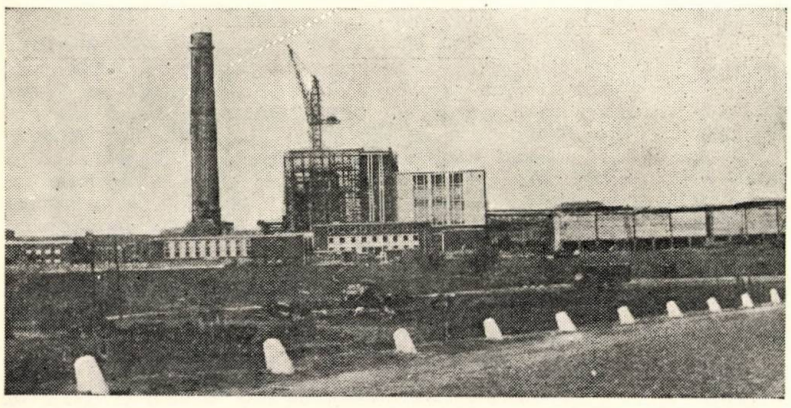


Fig. 2 CET Ploiești în construcție

alimentării cu abur a unor rafinării existente în regiunea de sud a orașului Ploiești, iar pe de altă parte extinderii importante a uneia dintre ele. Astfel în prima ei etapă imediată, de 100 MW, noua CET înlocuiește producția a peste 100 cazane mici și învechite de joasă presiune, urmînd a prelua pînă în 1965, cînd va atinge 200 MW, întreaga creștere de consum termic. Economia de combustibil care rezultă din raționalizarea gospodăriei termice a instalațiilor existente este de circa 200 000 t cc/an în prima etapă, respectiv 300 000 t cc/an în 1965.

In legătură cu această CET mai este de menționat importanța transportului de abur la grupa mai îndepărtată de consumatori, care, cu pînă la 300 t/h la parametri de plecare de 16 ata și o distanță de transport de 5 km, reprezintă nu numai cea mai mare instalație de acest gen din țara noastră, dar și în general una dintre cele mai interesante realizări din acest domeniu.

Ca și grupurile care se montează în extinderea CET Borzești, CET Ploiești se realizează cu grupuri de 50 MW cu condensație și prize, respectiv cu contrapresiune, alimentate din cazane de 420 t/h la 140 at 570°C, adică cu echipamente de termoficare la nivelul celor mai pretențioase instalații de acest gen ale tehnicii mondiale. La fel de interesante sînt și alte elemente ale acestei centrale, ca de exemplu instalațiile foarte mari de pregătire a apei de adaos prin demineralizare totală, de ordinul 500—700 t/h.

După cum se vede, CET industriale construite la consumatorii respectivi în cadrul planului de electrificare nu au fost echipate cu părți de condensație decît în cazuri excepționale, evitîndu-se pe cît posibil producerea de energie electrică în condensație la astfel de CET, cu indici de consum specific pentru această energie mult mai puțin favorabili decît în marile grupuri de condensație ale sistemului. In schimb, în marile CET regionale, echipate cu grupuri de aceeași mărime și cu aceiași parametri ca în marile CET, sînt prevăzute părți suplimentare de condensație, ca soluție economică pentru asigurarea disponibilității permanente a întregii puteri nominale, indiferent de variația sau dezvoltarea mai înceată a consumului termic industrial.

2.2. **Termoficarea urbană.** Limitată în primul plan cincinal la alimentarea cu căldură a blocurilor de intervenție și coloniilor noilor centrale electrice construite în acest interval, termoficarea urbană își face drum cu prime realizări de proporții mai importante spre sfîrșitul celui de-al doilea plan cincinal, cînd în urma dezvoltării generale a economiei în țara noastră apar și baze de consum termic corespunzătoare.

Primele baze ale unui consum termic urban, suficient ca mărime și densitate de consum pentru a îndreptăți și din punct de vedere economic aplicarea termoficării urbane, au fost oferite de concentrațiile de locuințe apărute în orașele muncitorești Reșița și Hunedoara și mai ales de cele ale noului oraș muncitoresc de la Onești.

Dintre acestea, sistemul de termoficare urban mai important este cel de la Onești, prevăzut să se dezvolte pînă la un consum de căldură orar nominal de 90 Gcal/h. Căldura necesară consumului actual al orașului este livrată din CET Borzești prin două conducte de cîte 350 mm ∅ care transportă apă fierbinte în regimul de temperatură 150/70°C la o distanță de 5,5 km, distanța totală pînă la consumatorii finali fiind de 7,5 km. Pentru viitor se vor adăuga o conductă de 500 mm ∅ și o stație intermediară de pompare înainte de intrarea în oraș.

Condiții deosebite de acelea din aceste trei orașe, în care căldura necesară acoperirii consumului termic urban este livrată din CET cu caracter predominant industrial, se întîlnesc la sistemul de termoficare urban acum în dezvoltare în București.

Campania masivă de construcții de locuințe în curs de desfășurare în capitală a condus la apariția unor zone cu consum termic foarte concentrat, care se dezvoltă repede și care se pretează în mod deosebit să fie alimentate printr-o rețea de termoficare urbană. Deși concentrat pe zone, totuși, din cauza repartiției acestor zone pe întreaga întindere a orașului, consumul termic care apare nu poate fi cuprins decît treptat. Pe de altă parte, față de mărimea consumului termic aferent noilor construcții, trebuie dezvoltate și sursele de căldură, a căror realizare cere un anumit timp.

Din aceste cauze lucrările de termoficare urbană în București sînt prevăzute să se realizeze în etape succesive, astfel încît pînă în 1965 majoritatea noilor clădiri, cît și clădirile existente din apropierea traseelor rețelei de termoficare, să fie alimentate cu căldură din această rețea.

In vederea pregătirii acestor lucrări de termoficare s-au întocmit în cursul celui de-al doilea plan cincinal studiile tehnico-economice necesare, s-au elaborat proiectele pentru anumite zone și s-au comandat echipamentele energetice. Lucrările au început în 1960, bazîndu-se într-o primă etapă pe disponibilul de căldură al unui grup de termoficare de 25 MW montat în centrala electrică Grozăvești și pe disponibilul de abur din CET industrială Griviția, care totalizează împreună un debit orar nominal disponibil de ordinul 80 Gcal/h. Ca zone principale de consum apar noile construcții de pe calea Griviței, construcțiile din zona Gării de Nord și întreprinderi din zona vest de centrala Grozăvești. Traseul rețelei magistrale executate, sau încă în curs de execuție, rezultă din fig. 3. In fig. 4 se redă în plan și secțiune unul dintre numeroasele puncte grele de pe traseele executate în acest an, trecînd în parte prin zone foarte aglomerate de cele mai variate instalații subterane.

2.3. **Situația de ansamblu a termoficării.** Fără a putea prezenta încă o situație statistică exactă, se poate aprecia că în cursul perioadei 1951—1960 s-a instalat în grupuri de termoficare o putere electrică totală de ordinul 300 MW.

In 1958 s-a livrat din grupuri de termoficare o cantitate totală de abur de circa 8 mil. t/an la un debit de vîrf de ordinul 2800 t/h. Economia de combustibil realizată prin producerea combinată a energiei electrice și a căldurii în acest an se apreciază la circa 350 000 t cc.

Structura puterii instalate în grupuri de termoficare cu contrapresiune reiese din fig. 5, care redă sub formă

de curbă clasată numărul grupurilor electrogene antrenate de mașini cu abur cu piston și de turbine, în funcție de puterea lor unitară. Structura puterii instalate în grupuri prevăzute cu turbine cu condensație și prize reglabile este redată în fig. 6.

3. Perspectivele dezvoltării termoficării

Directivele Congresului al III-lea al P.M.R. cu privire la planul de dezvoltare a economiei naționale pe anii 1960—1965 prevăd o intensificare masivă a termoficării în viitorii ani, peste 50% din totalul puterii care se va instala în centrale termoelectrice în acest interval urmînd a fi pe termoficare. Ținînd seama că în perioada 1960—1965 urmează să se instaleze o putere electrică totală de 2380 MW, din care 20% în centrale hidroelectrice, rezultă că peste 40% din puterea electrică care se va instala, și anume peste 950 MW, va fi de termoficare. Pe ansamblu această accentuare a termoficării va permite să se realizeze, după cum a arătat tov. *Gh. Gheorghiu Dej* în raportul prezentat la Congresul al III-lea al P.M.R., o economie de 3 milioane tone de combustibil convențional în 1965, în valoare de circa 500 milioane lei.

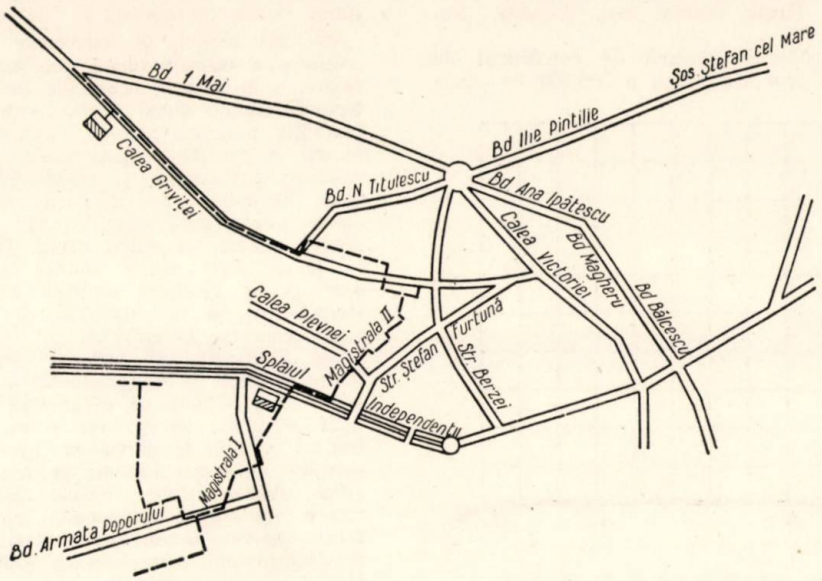
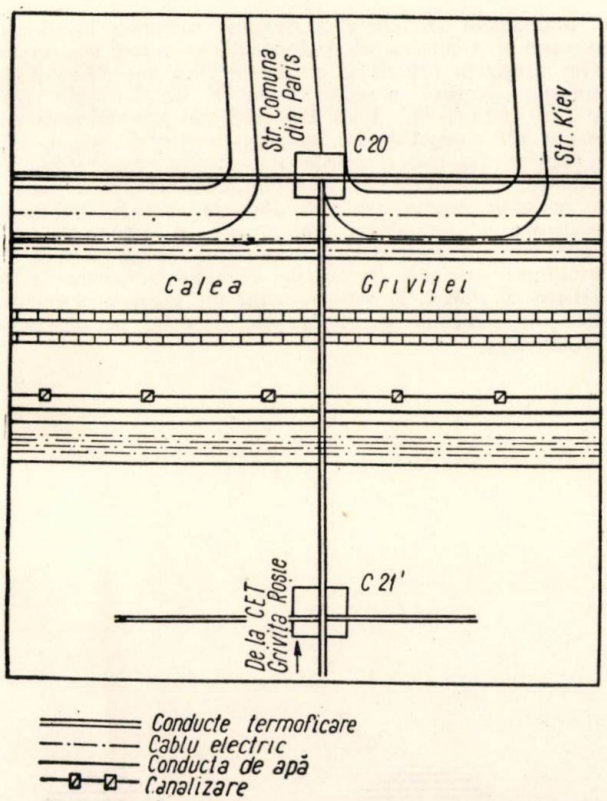


Fig. 3. Traseul rețelei de termoficare urbană din București, etapa 1960.

La finele etapei 1951—1960 a planului de electrificare, puterea instalată în grupuri de termoficare este apreciată la circa 400 MW, ceea ce reprezintă circa 22% din puterea instalată totală.



Pentru ansamblul rețelei de termoficare din București, în etapa 1960, se prevede o lungime totală de 200 km, cu o capacitate de transport de 2000 Gcal/h. Rețeaua va fi alimentată de CET Grivița Roșie, CET Progresul și CET Filaret.

Fig. 4. Punct greu la așezarea rețelei de termoficare în gospodăria subterană aglomerată din București.

portanți de căldură, care pot fi concentrați în jurul unor mari CET, prezintă condiții deosebit de favorabile dezvoltării termoficării industriale. Pe astfel de baze sînt în curs de execuție extinderile CET Borzești, prima etapă a importantei CET Ploiești, precum și în stadii avansate de proiectare și pregătire lucrările pentru CET industriale Craiova, Tîrgu Mureș, Iași, Oradea, Suceava etc.

In mod similar, acțiunea masivă de construcții de locuințe, caracterizată prin realizarea a 300 000 de apar-

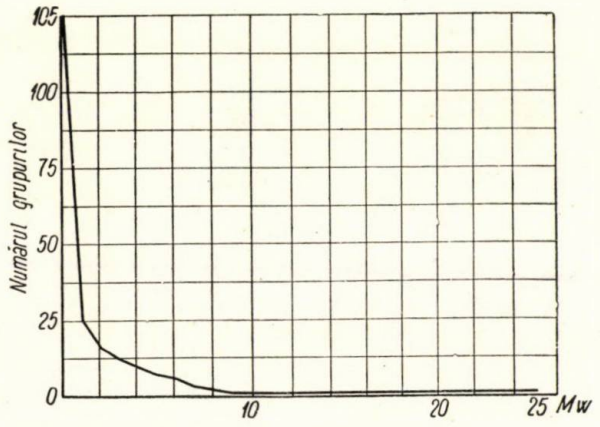


Fig. 5. Structura puterii instalate în grupuri de termoficare cu contrapresiune

tamente pînă în 1965 și de continuarea susținută a acestei acțiuni pînă la rezolvarea integrală a problemei locuințelor în toate orașele și centrele industriale ale țării, va conduce la aplicarea pe o scară din ce în ce mai largă și a termoficării urbane.

Amploarea, nivelul tehnic și rezultatele economice ale

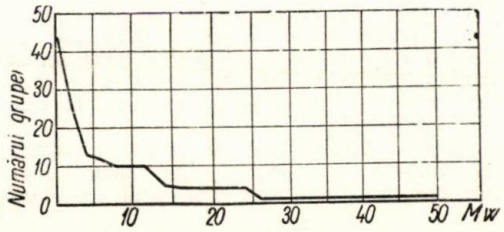


Fig. 6. Structura puterii instalate în grupuri de termoficare cu condensație și prize.

acțiunii de dezvoltare masivă a termoficării vor depinde în mare măsură de strînsa colaborare dintre toți factorii care intervin în proiectarea, construcția și exploatarea instalațiilor de termoficare. In această privință, un rol hotărîtor îl are mobilizarea tuturor consumatorilor de căldură, tehnologică sau urbană, în acțiunea pentru lărgirea bazei termoficării.

Un alt aspect, de asemenea important, îl constituie asigurarea echipamentului necesar instalațiilor de termoficare, mai ales a cazanelor de abur și grupurilor de termoficare cu puteri electrice medii și mici. In această privință, industria noastră constructoare de mașini poate aduce o contribuție importantă prin ameliorarea parametrilor instalațiilor și extinderea sortimentului de turbine disponibile, mai ales cu contrapresiune. Prin ridicarea parametrilor aburului viu la 100 at, 500—535°C pentru unități de puteri medii (cazane de 50 t/h) sau la 35 at, 450°C pentru unități mici (cazane de 10 t/h), s-ar putea ameliora sensibil eficacitatea economică a termoficării și în centralele de termoficare industrială care deservesc întreprinderi cu consum termic mai redus.

De asemenea mai sînt de rezolvat o serie de probleme tehnice și economice încă deschise. Demarată pe baza unui schimb de experiență multilateral cu specialiștii sovietici, termoficarea intră acum la noi în țară într-un stadiu de dezvoltare în care trebuie cristalizate soluțiile cele mai indicate pentru condițiile noastre specifice. Astfel trebuie revăzute valorile temperaturii exterioare minime convenționale, ca normă foarte importantă pentru dimensionarea instalațiilor de termoficare, și determinată dimensionarea optimă a zidurilor noilor clădiri și din punct de vedere al izolației termice. De asemenea trebuie studiat și modul cel mai indicat de racordare a consumatorilor termici urbani la rețelele de termoficare, gradul de automatizare necesar la aceste racorduri și trebuie experimentate soluțiile cele mai economice pentru izolarea termică a conductelor și pentru așezarea lor subterană.

★

Impetuoasa dezvoltare a tuturor ramurilor industriale, precum și a construcției de locuințe în viitorii ani creează prin creșterea importantă a consumului de căldură și de energie electrică premise deosebit de favorabile dezvoltării termoficării. Fără îndoială că prin eforturile comune ale energeticienilor, constructorilor de mașini, tehnologilor din toate ramurile industriale consumatoare de căldură, precum și ale proiectanților dezvoltării masive a orașelor noastre, se vor asigura condiții optime de realizare a termoficării industriale și urbane în anii care vin. In acest mod termoficarea se va dezvolta la înălțimea sarcinilor trasate de Directivele Congresului al III-lea al P.M.R. în vederea ridicării gospodăriei energetice în industria și în orașele noastre pe o treaptă superioară.

Crearea și dezvoltarea sectorului de construcții și montaje energetice

Ing. *VLAD ALEXANDRU*

Pentru realizarea obiectivelor cuprinse în planul de electrificare, au fost create două întreprinderi — „Energo-construcția" și „Electro-montaj" — având profilul corespunzător execuției lucrărilor de construcții și montaj.

In trecut, experiența în construcții și lucrări energetice era aproape inexistentă. Puținele centrale electrice construite sub regimul burghezo-moșieresc erau în cea mai mare parte executate de firme străine, cu specialiști aduși din afară.

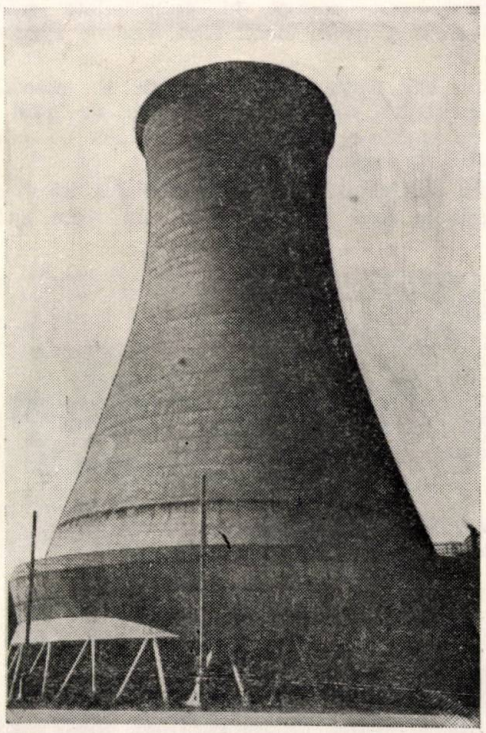


Fig. 1. Turn hiperbolic de răcire

Întreprinderile de construcții și montaje energetice nou înființate trebuiau să se organizeze din mers, să creeze cadre de specialitate și să execute într-un ritm rapid și în bune condiții noile construcții energetice prevăzute în planul de electrificare a țării.

Dintre lucrările importante realizate de unitățile de construcții și montaje energetice în această perioadă, menționăm:

— centralele termoelectrice: Ovidiu II, Doicești, „Steaua roșie", Borzești, Paroșeni, Comănești, Teleajen, centralele hidroelectrice Moroeni și Sadu V;

— stațiile de transformare de 110 kV Or. Stalin, București-Est, Roman, Reșița, Galați, Timișoara, Iași, Suceava, Medgidia, Sibiu, Cluj, Baia Mare, București-Centru ș. a.

Pentru crearea și interconectarea sistemelor energetice, precum și pentru distribuirea energiei la diferiți consumatori, s-a construit o rețea de linii de înaltă tensiune de peste 8 000 km și 600 km rețele subterane de cabluri.

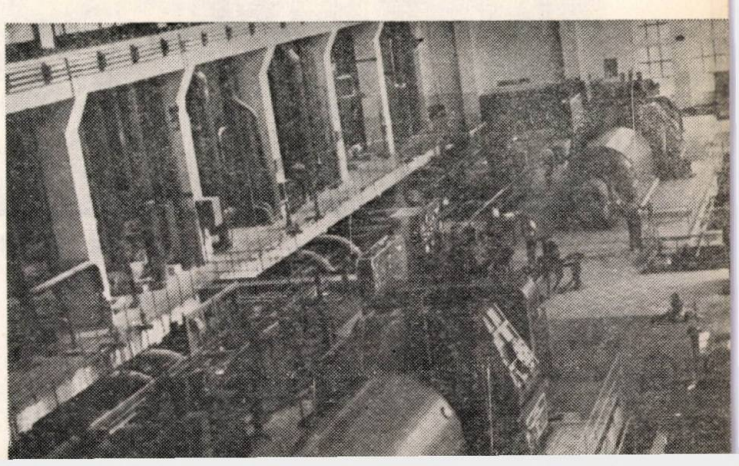
Pentru a putea face față sarcinilor mereu crescînde, cele două întreprinderi inițial create, „Energo-construcția" și „Electro-montaj", s-au organizat în două trusturi, având în subordine unități cu activitate teritorială specializată în lucrări de construcții și lucrări de montaj.

Pentru înlăturarea unor activități paralele pe același șantier și pentru o mai bună desfășurare a activității de construcții și montaj, în special pe șantierele mari de centrale, cele două trusturi au fuzionat în martie 1958 în Trustul de construcții și montaje energetice (T.C.M.E.).

Trustul de construcții și montaje energetice, în noua formă de organizare, care în linii mari se menține și în prezent, coordonează activitatea următoarelor unități:

1. Întreprinderi teritoriale al căror profil este construcția și montarea liniilor electrice, a stațiilor și posturilor de transformare.

Fig. 2. Sala turbine T. C. „Steaua Roșie"



2. O întreprindere de reparaţii şi gospodărire a utilajelor care asigură întreţinerea utilajelor necesare realizării planului de producţie al întregului trust.

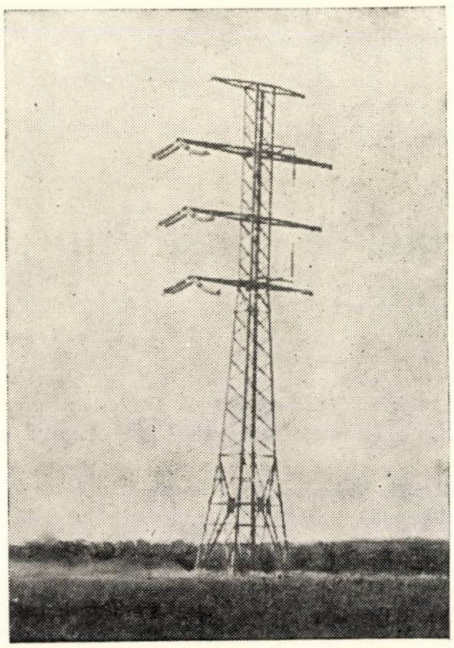


Fig. 3. Linia 110 kV Bacău-Roman. Stîlp metalic de întindere în aliniament cu descărcător

3. O întreprindere de construcţii metalice şi prefabricate, destinată să asigure construirea şi echiparea panourilor pentru camere de comandă, stîlpi de toate tipurile ((metalici, de beton armat, vibrat şi centrifugat etc.), elemente prefabricate pentru staţii şi posturi de transformare şi în general toate elementele constructive pentru industrializarea execuţiei lucrărilor energetice.

4. Grupuri de şantiere de construcţii destinate execuţiei lucrărilor de construcţii de termocentrale şi staţii mari.

Prin îmbunătăţirea permanentă a activităţii de construcţii şi montaje, paralel cu ameliorarea soluţiilor proiectate, s-au obţinut realizări însemnate, cum sînt:

— costul unui MW instalat în anul 1959 faţă de 1951—1955 a scăzut cu 15—20%;

— costul unui km de linie de 110 kV pe stîlpi metalici a scăzut cu 40—60%;

— vitezele de execuţie la liniile cu stîlpi metalici şi cu stîlpi de beton au crescut în mod substanţial:

a) LEA pe stîlpi de metal de la 0,29 km pe zi (1951—1952), la 1,2 km pe zi;

b) LEA pe stîlpi de beton de la 0,4 km pe zi (1957) la 0,85 km pe zi.

In perioada pînă în 1952, şantierele s-au dezvoltat cu un grad redus de mecanizare, iar creşterea numărului de salariaţi urmăreşte curba dezvoltării producţiei.

Intre 1953—1956, numărul salariaţilor variază puţin, deşi volumul producţiei a crescut cu circa 50%; în această perioadă, lucrările au fost mecanizate continuu, ceea ce a condus la o creştere substanţială a productivităţii muncii.

Creşterea tehnicităţii în execuţie a îmbunătăţit continuu raportul între numărul personalului tehnico-administrativ şi numărul total al salariaţilor, reducîndu-se de la 55% în 1949 la 21% în 1959.

In prima perioadă de activitate, în sectorul de construcţii, majoritatea muncitorilor erau sezonieri, iar cei necalificaţi erau aproape în exclusivitate veniţi din mediul rural şi numai atunci cînd muncile agricole erau terminate.

Pe de altă parte, cadrele calificate în meseriile specifice lucrărilor energetice erau greu de găsit şi de fixat pe şantierele electrificării, situate de cele mai multe ori în regiuni izolate.

Pentru rezolvarea acestei probleme s-a folosit metoda calificării la locul de muncă. De un mare ajutor au

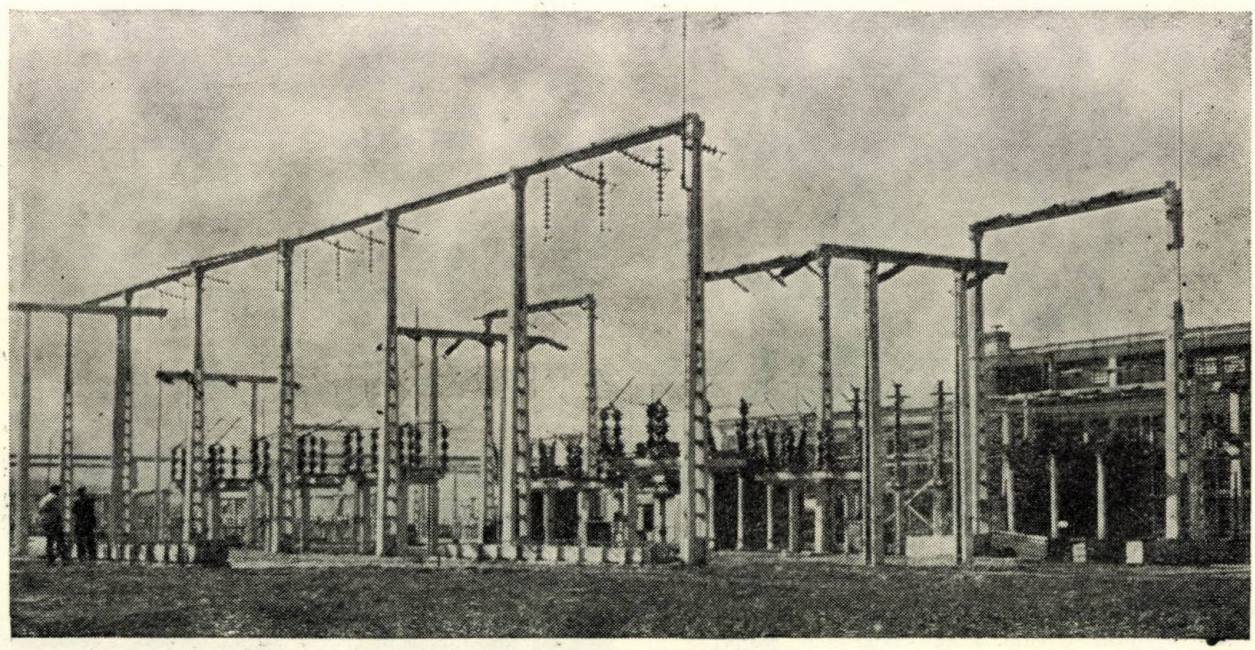


Fig. 4. Staţia Reşiţa 110 kV

fost cadrele tehnice specializate în întreprinderi din U.R.S.S. şi alte ţări socialiste.

S-au format astfel cadrele de muncitori, tehnicieni şi ingineri necesare unităţilor de execuţie.

In şcolile de calificare organizate pe fiecare şantier mare, s-au format în decurs de zece ani, în mai mult de 25 meserii — de la dulgheri, fierari beton şi zidari pînă la electricieni de centrale şi mecanici de utilaje —, peste 9 000 de muncitori de diverse grade de calificare.

Numărul inginerilor a crescut de la 100 în 1950 la 450 în 1960.

Producţia de bază a numeroaselor unităţi din cadrul T.C.M.E. este materializată prin înseşi obiectivele planului de electrificare realizate în această perioadă.

Trustul de construcţii şi montaje energetice a pus în funcţiune, între 1950 şi 1960, centrale electrice cu o putere totală de peste 850 MW, cu 140% mai mult decît întreaga putere instalată sub regimul burghezo-moşieresc în 50 de ani.

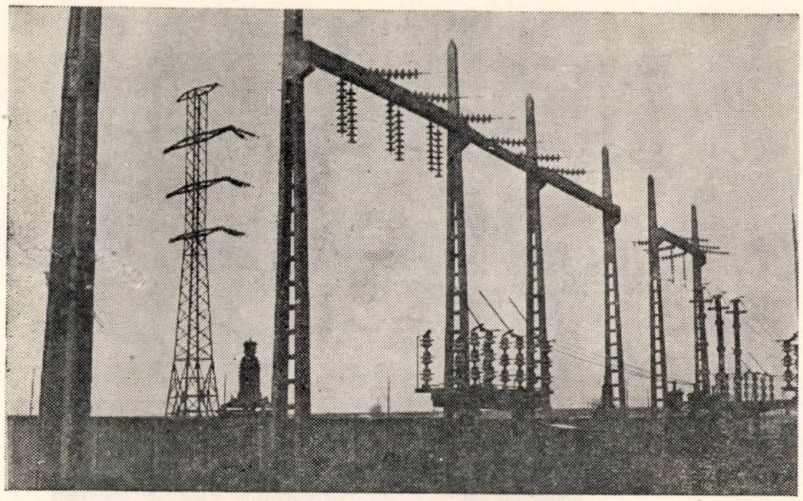


Fig. 5. Staţia 110 kV Roman. Cadre de beton ale staţiei de 110 kV

Paralel cu calificarea muncitorilor, s-au format şi cadre auxiliare de tehnicieni, pentru care trustul a organizat şcoli speciale. Au funcţionat astfel: şcoli de laboranţi pentru laboratoare de betoane, şcoală de

Fig. 6. Staţia 110 kV Bucureşti Est. Cutii de comandă 30 kV

planificatori, cursuri tehnico-economice pentru funcţionari, cursuri de contabilitate etc. Aceste şcoli şi cursuri au fost absolvite de peste 350 salariaţi, care au contribuit apoi la organizarea şi realizarea producţiei.

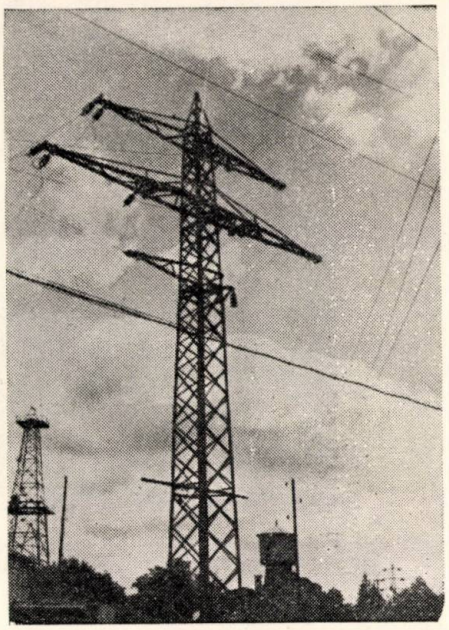


Fig. 7. Staţia 110 kV Floreşti. Stîlpul terminal şi ieşirea liniilor

Pe lîngă centralele termoelectrice mari citate, au fost construite sau extinse numeroase alte centrale ca: Teleajen, Grozăveşti, Dărmăneşti, Brăila, Braşov, Oradea etc. şi s-au instalat 190 grupuri Diesel cu o putere totală de peste 120 MW.

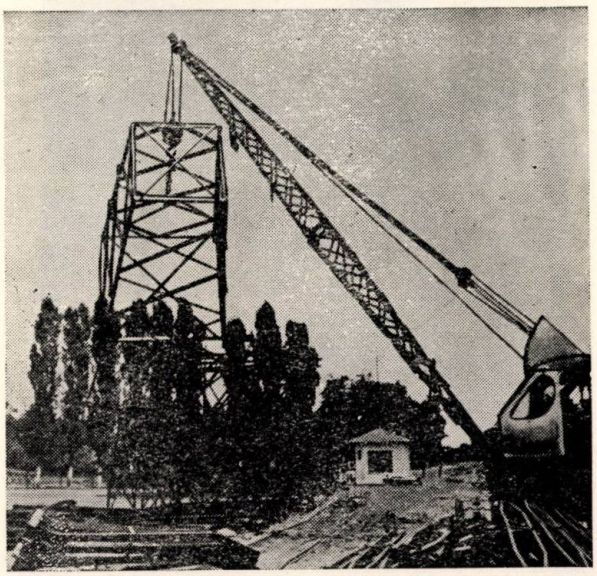


Fig. 8. Atelierul de stîlpi metalici Otopeni. Descărcarea tronsoanelor cu stîlpi cu macara pe şenile

În ceea ce privește liniile de transport de energie electrică de 110 kV, în 1949 existau în lungime totală de 127 km, iar cele de 35 kV doar în lungime totală de 484 km.

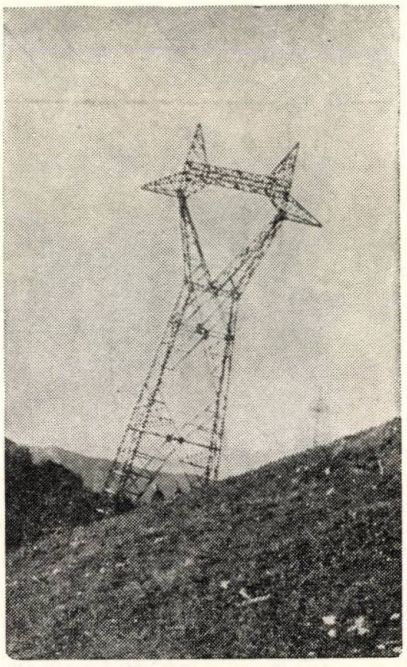


Fig. 9. Linia Bărbătești-Paroșeni 110 kV. Stîlp metal tip pisică de susținere în timpul ridicării

În perioada primului plan de electrificare au fost construite și puse în funcțiune de către T.C.M.E. peste 8 000 km linii de înaltă tensiune.

Dintre numeroasele linii de 110 kV construite, citățm: Cîmpia Turzii-Tîrnăveni, Moroeni-Sinaia, Doicești-Filipești-București, Pietroaia-Pitești, Gura Barza-Vașcău, Sîngeorgiu-Tîrnăveni, Sadu V Sibiu, Tîrnăveni-Sebeș-Hunedoara, Petroșani-„Oțelul roșu"-Reșița, Paroșeni-Tg. Jiu-Bărbătești, Borzești-Bacău-Roman-Bicaz, „Oțelul roșu"-Timișoara, Roman-Iași, Focșani-Buzău-Ploiești, Paroșeni-Hunedoara, Bărbătești-Craiova, Sebeș-Sibiu, Bicaz-Suceava și altele.

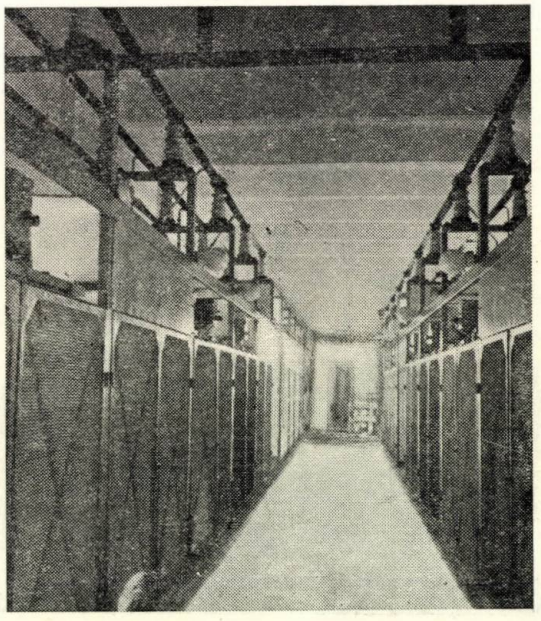


Fig. 10. Stația București Est 110/30/5 kV. Stația de conexiuni de 30 kV

În această perioadă, pe lîngă cele 90 de stații de 35 kV, s-au construit și montat peste 35 stații de transformare de 110 kV.

Pentru alimentarea industriilor și a obiectivelor social-culturale nou construite, s-au executat în fiecare an numeroase posturi de transformare și racorduri.

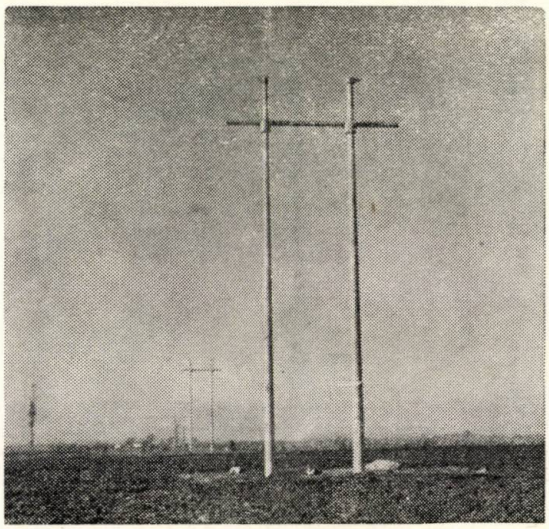


Fig. 11.

Rețeaua de distribuție subterană a fost de asemenea extinsă prin instalarea a peste 600 km cablu.

Trustul de construcții și montaje energetice a contribuit la opera de electrificare a satelor, dînd asistență

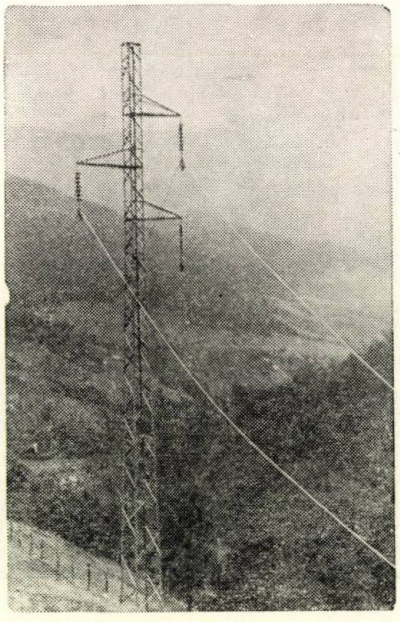


Fig. 12.

tehnico-materială și executînd direct lucrările în cadrul electrificării a peste 2 000 sate.

Volumele de execuție atît de importante, care au fost încredințate unităților T.C.M.E., necesitau un puternic sector de producție auxiliară.

Unităţile de producţie auxiliară au fost organizate în cadrul Intreprinderii de construcţii metalice şi prefabricate. Profilarea acestor unităţi s-a făcut pe categorii mari de produse, şi anume:

— atelierul pentru stîlpi metalici şi construcţii metalice;

— atelierul pentru stîlpi de beton;

— atelierul pentru confecţii şi produse electromecanice;

— staţiile de confecţionat şi impregnat stîlpi de lemn.

Industrializarea continuă a producţiei de construcţii şi montaje, factor esenţial al progresului tehnic în această ramură, a mărit importanţa unităţilor de producţie auxiliară.

Atelierele T.C.M.E. asigură în prezent întregul necesar de stîlpi de beton centrifugat, de panouri electrice, cleme şi armături pentru linii, produse cu mare pondere în producţia de bază a T.C.M.E.

In 1956 a început livrarea centralelor electrice pentru export, T.C.M.E. asigurînd executarea părţii electrice şi asistenţa tehnică la montaj şi punerea în funcţiune. De atunci, volumul producţiei la export a crescut şi s-a extins.

Dezvoltarea mecanizării a constituit una dintre preocupările principale ale T.C.M.E., folosirea utilajelor speciale de mare productivitate extinzîndu-se în tot mai multe sectoare de lucru.

Gradul de mecanizare a lucrărilor de construcţii şi montaj a crescut în fiecare an. Operaţiile de construcţii şi montaj la centralele electrice şi la liniile de înaltă tensiune se execută în proporţie de 70—90% mecanizat, iar la lucrările de staţii se foloseşte larg mica mecanizare.

Mişcarea de inovaţii a fost una dintre acţiunile care au sprijinit producţia de bază. Un mare număr de inovaţii, îmbunătăţiri şi raţionalizări făcute de muncitori, tehnicieni şi ingineri de pe şantiere, din întreprinderi şi din trust au îmbunătăţit în mod continuu activitatea de producţie prin propuneri personale, unele cu caracter local, limitat la o lucrare, altele cu aplicare generală.

In numeroasele şantiere răspîndite pe întreaga ţară, situate de cele mai multe ori în regiuni izolate, lucrează un număr mare de muncitori, cărora trebuie să li se asigure o viaţă socială şi culturală corespunzătoare, cu atît mai mult cu cît aceste şantiere sînt de obicei depărtate de punctele locuite şi muncitorii îşi petrec în cadrul lor nu numai timpul de muncă, ci şi timpul liber.

Din această cauză, problemele sociale în cadrul T.C.M.E. au un aspect multilateral şi generează o activitate foarte complexă.

Masa muncitorilor, cazarea lor, asistenţa medicală, şcolarizarea, odihna, culturalizarea cu toate formele ei variate: biblioteci, conferinţe, spectacole, radioul, radioficare etc., au constituit o preocupare continuă a organelor T.C.M.E., care au asigurat pe şantierele noastre condiţii sociale necesare unei bune desfăşurări a activităţii.

S-au construit şi s-au organizat: cantine, dormitoare, puncte sanitare, băi, case de odihnă, tabere de vară pentru copiii salariaţilor, locuinţe muncitoreşti, echipe artistice, manifestări culturale, folosindu-se toate formele indicate pentru acest scop.

Succesele obţinute de T.C.M.E. se datoresc în primul rînd îndrumării de către partid şi guvern a activităţii sale.

Realizările din prima perioadă de electrificare socialistă constituie o chezăşie că sarcinile trasate de Directivele celui de-al III-lea Congres al P.M.R. vor fi îndeplinite cu succes.

Ridicarea nivelului tehnic al producției în industria energiei electrice

Ing. T. POPOVICI

Oamenii muncii din sectorul energiei electrice au sărbătorit cu mîndrie și cu avînt terminarea primei etape de 10 ani a planului de electrificare a patriei noastre. Succesele mărețe obținute, subliniate la cel de-al III-lea Congres al Partidului Muncitoresc Romîn, constituie o chezășie că noile obiective trasate în planul șesenal și programul economic de perspectivă vor fi de asemenea realizate și depășite.

Așa cum se arată în Hotărîrea C.C. al P.M.R. și a Consiliului de Miniștri al R.P.R. din 3 iulie 1960 cu privire la ridicarea nivelului tehnic al producției, cea mai importantă sarcină pentru industrializarea socialistă a țării o constituie intensificarea introducerii tehnicii noi, în vederea realizării unei productivități înalte a muncii și reducerii continue a prețului de cost, precum și creării condițiilor necesare unei activități susținute a muncitorilor, inginerilor și tehnicienilor, pentru ridicarea permanentă a nivelului tehnic și a calității producției.

Pentru a se realiza într-un timp atît de scurt electrificarea țării noastre, satisfăcîndu-se totodată cererile tot mai mari de energie electrică, datorite atît industrializării țării cît și ridicării nivelului de trai al celor ce muncesc, a fost nevoie să se asimileze și să se dezvolte, în mod constant, și în industria energiei electrice toate progresele tehnice întrebuințate cu rezultate bune în practica producției.

Toate măsurile luate pentru introducerea tehnicii noi în proiectarea, executarea și exploatarea instalațiilor energetice și aplicate la noi în țară au condus la mărirea producției, simultan cu creșterea consumului energiei electrice și a scăderii prețului ei de cost, realizîndu-se totodată o ameliorare a calității energiei electrice și o siguranță mărită în continuitatea alimentării consumatorilor de energie.

Astfel, în centrale s-au utilizat grupuri generatoare cu puteri unitare din ce în ce mai mari și parametri ridicați ai aburului. Totodată, s-au adoptat măsuri de tehnică nouă pentru mărirea raportului între puterea disponibilă și cea instalată, pentru mărirea duratei de utilizare a puterii instalate și a gradului de interconexiune al centralelor, pentru reducerea consumului specific de combustibil și consumului propriu tehnologic în centrale electrice, pentru reducerea pierderilor de energie în rețele electrice.

De asemenea, s-au luat măsuri pentru mărirea siguranței și continuității de funcționare în sistemele energetice interconectate, prin introducerea dispozitivelor automate, iar prin proiectarea instalațiilor și în special a liniilor și stațiilor electrice după principiile tehnicii noi s-a ajuns la o reducere apreciabilă a costului instalațiilor.

In cele ce urmează se dau, pe de o parte, realizările de tehnică nouă în industria energiei electrice, în perioada 1950—1960, pe de altă parte prevederile de extindere a măsurilor și utilizării de dispozitive în cadrul tehnicii noi, în perioada 1960—1965.

I. Realizări de tehnică nouă în perioada 1950—1960

1. *Centrale termoelectrice.* Evoluția puterii unitare a grupurilor generatoare și a parametrilor aburului în aceste centrale se caracterizează prin următoarele cifre:

		Anul 1950	Anul 1959
— Putere instalată în grupuri mai mari de 10 MW	%	14,4	44,7
— Putere instalată în grupuri între 3 și 10 MW	%	32,0	22,8
— Putere instalată în grupuri mai mici de 3 MW	%	53,6	32,5
— Putere instalată la presiunea aburului mai mare ca 133 at	%	—	—
— Putere instalată la presiunea aburului între 44 și 135 at	%	8	45
— Putere instalată la presiunea aburului între 22 și 44 at	%	40	32
— Putere instalată la presiunea aburului sub 22 at	%	52	9

Totodată trebuie precizat că, în momentul elaborării planului de electrificare, centralele termoelectrice cu abur din R.P.R. funcționau cu parametrii scăzuți ai aburului, nedepășind în general 30 at și 400°C, cu cîteva excepții, în care se utiliza abur la 120 at și 480°C, respectiv 130 at și 500°C, dar la puteri relativ mici.

Cu începere din 1952, noile centrale importante instalate au trecut la parametrii aburului de 100 at și 510°C, fiind proiectate în prezent centrale termoelectrice cu 140 at și 570°C.

Mărimea grupurilor din aceleași centrale, care nu depășea 20 MW pe unitate, a crescut la 50 MW pe unitate, fiind în prezent proiectată instalarea de grupuri de 100 și 150 MW.

In centralele noi, instalate după 1952, s-au adoptat scheme termice cu unități bloc-cazan-turbină și bare de abur de ajutor (Centrala Paroșeni).

Simultan, s-au adoptat procedeele cele mai noi de tratare a apei de adaos pentru alimentarea cazanelor de abur, cu filtre cu mase schimbătoare de ioni, fiind în prezent proiectate, pentru noile centrale mari și pentru unele centrale existente, instalații de demineralizare totală a apei.

In aceeași perioadă, s-a realizat prima instalație importantă de termoficare industrială, în centrala termoelectrică Borzești, permițînd o utilizare intensă a căldurii conținute în abur, prin livrarea de abur de joasă presiune, după trecerea lui prin turbine, la rafinăria și combinatul chimic, alăturate centralei.

In proiectarea noilor centrale importante termoelectrice, s-au atins indici constructivi din ce în ce mai scăzuți. Astfel, volumul construit specific a scăzut de la 3 m^3/kW (realizat la Centrala Comănești, utilizînd căr-

bune şi gaze, putere de ordinul zecilor de mii de kW) la 0,9 m^3/kW la Centrala în construcţie Brazi-Ploieşti (combustibili gaze şi păcură, puterea de ordinul sutelor de mii de kW), la centralele în curs de proiectare aceşti indici fiind şi mai scăzuţi.

In ceea ce priveşte indicatorii generali pentru centrale electrice, evoluţia lor se poate aprecia după următoarele cifre:

	Anul 1950	Anul 1959
— Raportul între puterea disponibilă şi puterea instalată	0,81	0,91
— Durata de utilizare a puterii instalate, ore	2 850	4 240
— Consum specific de căldură, kcal/kWh	5 050	3 740
— Gradul de interconectare a puterii instalate la reţeaua 110 kV, %	31	89

2. *În domeniul general al producerii şi transportului energiei electrice.* Faţă de situaţia dinaintea naţionalizării industriei în R.P.R., în care existau centrale electrice locale şi reţele electrice de mică întindere, în perioada 1950—1960 s-au dezvoltat sisteme energetice în care centralele electrice importante sînt legate între ele şi cu centrale de consumaţie, prin linii de transport de energie electrică, dezvoltîndu-se totodată şi reţele de distribuţie de importanţă locală.

In prezent există un sistem naţional interconectat unic, la care se vor mai racorda — încă în cursul anului 1960 — şi sistemele locale din zonele Oradea şi Dobrogea.

Sistemul energetic interconectat are astăzi o comandă operativă unică prin dispecer, dintr-un centru aflat în curs de dotare cu mijloace de telemăsurători, telesemnalizări, telecomenzi şi cu comunicaţii telefonice de înaltă frecvenţă, pe conductorii liniilor de transport de energie electrică. S-au utilat de asemenea, cu echipamente corespunzătoare, punctele locale de dispecer, care asigură conducerea operativă a instalaţiilor energetice în cadrul întreprinderilor regionale de electricitate.

Pierderile de energie, în toate reţelele electrice din ţară s-au menţinut aproximativ la aceeaşi proporţie faţă de energia emisă din centrale, adică 11,5% în 1959.

Siguranţa de funcţionare a reţelelor electrice a crescut la un multiplu important faţă de cea existentă în 1950.

Siguranţa de funcţionare a reţelelor electrie a crescut prin interconectarea lor, prin completarea instalaţiilor de protecţie prin relee şi prin introducerea, pe scară largă, pe ieşirile liniilor aeriene de înaltă tensiune, din centrale şi staţii electrice, a dispozitivelor de reanclanşare automată rapidă (RAR). Acestea asigură continuitatea de funcţionare a liniilor, prin faptul că determină reanclanşarea lor după 0,1—0,2 s, după declanşările datorite defectelor trecătoare, care formează majoritatea celor ce apar pe linii.

La sfîrşitul anului 1959 erau în funcţiune 338 de asemenea dispozitive. Prin introducerea dispozitivelor de anclanşare automată a rezervei (AAR), din care erau montate la finele anului 1959 în total 58, se asigură continuitatea funcţionării serviciilor interne din centrale termoelectrice mari, precum şi alimentarea cu energie electrică, din surse diferite, a unor consumatori importanţi.

Pentru asigurarea unei continuităţi de funcţionare a sistemelor energetice, fără ieşirea din paralel a generatoarelor din centralele electrice importante — în cazul producerii de scurtcircuite — s-au instalat dispozitive de forţare a excitaţiei la 39 de generatoare şi la 6 generatoare dispozitive de excitare rapidă, care permit menţinerea tensiunii normale la bornele generatoarelor, în cazul producerii defectelor în sistem.

In diferite puncte din sistemul energetic interconectate, s-au introdus dispozitive de descărcare automată a sarcinii la scăderea frecvenţei în sistem (49 în funcţiune, la finele anului 1959).

Totodată s-a introdus în practică funcţionarea în două faze a liniilor mai importante de 110 kV cu simplu circuit, în cazul ruperii unui conductor, pentru a se asigura continuitatea alimentării consumatorilor pînă la remedierea defectului — precum şi topirea electrică a depunerilor intense de polei (chiciură) în timpul iernii, micşorînd riscul de rupere a conductoarelor din cauza acestor depuneri.

3. *În construcţia liniilor electrice aeriene,* s-a avut în vedere în primul rînd înlocuirea materialelor deficitare (cuprul pentru conductoare, lemnul pentru stîlpi). In acest scop, liniile de transport de energie electrică şi liniile importante de distribuţie a energiei electrice s-au echipat cu conductoare din oţel-aluminiu, iar cele de distribuţie curentă, cu conductoare din funie de aluminiu şi pe alocuri din oţel.

Stîlpii din lemn s-au înlocuit în prezent aproape peste tot, în reţelele de înaltă tensiune, prin stîlpi de beton armat, centrifugat şi vibrat. In special în ceea ce priveşte aceşti stîlpi, s-au obţinut importante progrese tehnice în construcţie şi montaj, extinzîndu-se utilizarea lor pînă la tensiunea de 110 kV inclusiv, mai întîi sub formă de portali şi apoi de stîlpi cu un singur picior. Simultan, s-au proiectat stîlpi de beton armat mai uşori pentru electrificări rurale (pe linii de tensiuni de la 6+15 kV) şi s-au redus secţiunile conductorilor pe aceste linii, corespunzător consumurilor reale din zonele rurale.

Atît prin aceste măsuri, cît şi prin mecanziarea parţială a construcţiei liniilor, s-a obţinut în ultimii ani o scădere apreciabilă a costului specific al liniilor, fără a se reduce din siguranţa lor de funcţionare, după cum rezultă din următoarele cifre:

	Anul 1957	Anul 1959
— Linii 110 kV cu simplu circuit	100 %	76 %
	Anul 1959	**Anul 1960**
— Linii 6—15 kV pentru electrificări rurale	100 %	85% ÷ 82,5 %

4. *În domeniul staţiilor de transformare,* s-a procedat în primul rînd la o simplificare şi la o raţionalizare a schemelor electrice, stabilindu-se trei scheme-tip pentru tensiunea de 110 kV, două pentru tensiunea de 35 kV şi patru pentru cele de 6 kV. Totodată s-a obţinut o serie de indicatori mai avantajoşi, cu caracter economic, în construcţia şi echiparea staţiilor de transformare, după cum rezultă din cifrele ce urmează:

	1957	*1959*
— Indicele de folosire al suprafeţei de teren necesare, %	37 (Cluj,)	50
— Raportul între volumul blocului de comandă şi numărul total de circuite primare	(Cluj) 125 (Cluj)	(Craiova, Bacău) 50 (Craiova, Bacău)
— Cost specific la staţiile de 110 kV, cost total, raportat la numărul de circuite primare (lei pe circuit)	100 % (Piteşti, Birlad)	85 % (Craiova, Bacău, Lugoj)

In camerele de comandă, s-au introdus comenzi de la pupitre, precum şi scheme luminoase în staţiile în curs de echipare — Bucureşti-Centru şi Piteşti — precum şi în proiectele în curs de executare pentru toate centralele şi staţiile importante în care se prevede şi comanda prin selectare (alegere).

De asemenea, în toate punctele în care aceasta a fost posibil, s-a renunţat la staţiile cu personal permanent, înlocuindu-se în aceste cazuri camerele de comandă prin camere de supraveghere, de dimensiuni reduse. In aceleaşi cazuri, s-a obţinut simplificarea instalaţiilor, cu condiţia prevederii lor cu semnalizări de avarii, la domiciliul electricianului de supraveghere, sau la cel mai apropiat punct de exploatare.

S-au prevăzut cu telecomandă Centrala hidroelectrică Sadu V şi un număr de trei staţii de transformare şi conexiuni puse în funcţiune (Bucureşti-Casa Scînteii, Bucureşti-Est şi Craiova-Cocor) şi trei în curs de amenajare (Cluj, Galaţi, Timişoara).

Tot în acelaşi domeniu, se studiază înlocuirea construcţiilor din zidărie şi beton pentru partea de tensiuni medii a staţiilor, prin cabine metalice prefabricate şi gata echipate, precum şi utilizarea cît mai intensă a prefabricatelor pentru construcţii din zidărie şi beton armat.

5. *În construcția posturilor de transformare*, s-au obținut reduceri de cost de ordinul 26% respectiv la ordinul 52% la partea de construcții, prin suprimarea completă a camerelor de joasă tensiune din posturi și înlocuirea lor cu tablouri în cutii metalice, amplasate în nișe din pereți. Prin aceasta, s-a introdus indicele de suprafață specifică utilizată, de la 0,29÷0,39 m²/kVA la 0,14—0,18 m²/kVA, față de cifra medie, realizată în R.F.G., de 0,25 m²/kVA, la posturi cu caracteristici echivalente.

În ceea ce privește posturile de transformare de 6—15/0,4 kV pe stîlpi, care se construiesc în număr din ce în ce mai mare, în rețelele de electrificări rurale, s-au realizat posturi pe un singur stîlp din beton armat și pe un singur stîlp de lemn cu proptea, reducîndu-se prin aceasta, în mod sensibil, costul lor.

De asemenea, s-au proiectat și vor începe să fie amenajate posturi de transformare rurale, cu transformatoare monofazate de 5—20 kVA, montate direct pe stîlpii liniilor curente de înaltă tensiune.

II. Prevederi asupra rolului tehnicii noi în industria energetică în perioada 1960—1965

1. *În domeniul centralelor electrice*, se prevede atingerea în anul 1965 a următoarelor valori la principalii indicatori tehnico-economici:

a) Structura centralelor după mărimea puterii unitare a grupurilor:

b) Structura centralelor electrice după parametrii aburului:

— cu puterea instalată în grupuri mai mari de 110 MW, %	77
— cu puterea instalată în grupuri de puteri cuprinse între 3 MW și 10 MW, %	12
— cu puterea instalată în grupuri cu puteri sub 3 MW, %	11

c) Raportul între puterea disponibilă și cea instalată: 0,95

— putere instalată la presiuni ale aburului peste 135 at, %	40
— putere instalată la presiuni ale aburului între 44 at și 135 at, %	19
— putere instalată la presiuni ale aburului sub 22 at, %	9

d) Durata de utilizare a puterii instalate, ore 4 750

e) Gradul de interconectare al centralelor, 95%.

Se prevede în special adoptarea de parametrii ridicați ai aburului, 140 at, 570°C, pentru centralele planificate a se instala în perioada citată, precum și instalarea de grupuri generatoare de puteri de 100, 150 și 200 MW. Totodată se prevde o creștere însemnată a proporției energiei electrice produse în termoficare, cantitatea de căldură livrată crescînd de la 907 mii tone abur normal în 1959, la circa 20 000 mii tone abur normal în 1965, aburul fiind utilizat atît în cuprinsul marilor combinate industriale în curs de dezvoltare sau nou instalate, cît și în termoficări urbane în Capitală și în orașele cele mai importante.

Prin întrebuințarea instalațiilor celor mai moderne și extinderea automatizării în centralele termoelectrice cu abur, se va reduce consumul specific de combustibil, de la 0,495 kg combustibil convențional pe kWh în 1959 la 0,352 kg pe kWh în 1965 (inclusiv centralele de termoficare), simultan cu micșorarea personalului de exploatare, de la 5 la 2,7 oameni pe MW instalat.

Totodată, se va adopta tehnica modernă în construcția centralelor menționate, prin realizarea lor semiexterioară și prin raționalizarea schemelor termice, prin industrializarea construcțiilor, utilizînd în măsură cît mai mare elemente prefabricate și echipamente auxiliare confecționate de întreprinderi specializate.

2. *Pentru centralele hidroelectrice* prevăzute a se instala în aceeași perioadă de timp, se vor studia și aplica soluții de centrale subterane, precum și centrale de tip deschis, echipate cu grupuri hidro cu ax orizontal, de tip capsulat. Se va urmări continua perfecționare a soluțiilor de dispoziție și de construcție a centralelor electrice permițînd adoptarea barajelor în arc și a altor tipuri de baraje evidate sau din materiale locale.

Totodată se vor aplica, în limite justificate din punct de vedere economic, automatizarea și telemecanizarea funcționării centralelor hidroelectrice, precum și soluții permițînd extinderea puterii unor centrale hidroelectrice, în soluții cu pompaj.

3. *Pentru asigurarea calității energiei electrice (cuprinzînd în principal factorii frecvență și tensiune) și realizarea siguranței în alimentarea consumatorilor.* Se va aplica reglajul automat al frecvenței (în limitele 50 ± 0,2 Hz), urmărindu-se adoptarea unor regulatoare automate perfecționate, care să permită reglajul frecvenței, simultan cu repartizarea cea mai avantajoasă, din punct de vedere economic, a puterii active între centralele electrice în funcțiune.

În același timp, se va intensifica montarea dispozitivelor de descărcare automată a sarcinii, la minimum de frecvență, în caz de avarii, elaborîndu-se o unificare a funcționării acestui gen de automatizare.

Pentru menținerea tensiunii se vor introduce transformatoare cu reglajul automat în sarcină, atît în puncte principale ale sistemului energetic național, cît și în centre de distribuție. Se vor introduce transformatoare și autotransformatoare survoltoare și se vor studia mijloacele cele mai simple de reglaj automat al tensiunii, în rețelele electrice de distribuție (în special în regiuni rurale).

Se vor extinde utilizările de compensatoare sincrone și de condensatoare statice, în punctele sistemului în care se vor justifica pentru ridicarea factorului de putere pe sistem la o valoare de cel puțin 0,87.

Pentru siguranța alimentărilor cu energie electrică, se vor lua următoarele măsuri, în afară de crearea puterii de rezervă, prevăzută în proiectul planului de electrificare:

— creșterea siguranței de funcționare a echipamentelor energetice principale și mărirea perioadei între reparațiile capitale de cazane și turbine la 1,5—2 ani;

— utilizarea forțării excitației sau a regulatoarelor de tensiune fără inerție, la majoritatea grupurilor generatoare din centralele electrice ale sistemului energetic interconectat;

— completarea echipării punctelor de dispecer național și locale cu mijloace moderne de telemecanică (telemăsurări, telesemnalizări și telecomandă) și de telefonie, cu modele de calcul ale sistemului energetic, precum și cu mașini de calcul electronice.

4. *În domeniul construirii și exploatării de rețele electrice (linii și stații).* Se va urmări reducerea mai departe a costului și scurtarea termenelor de construcție a rețelelor electrice prin:

— asimilarea pe o scară largă a stîlpilor de beton precomprimat cu armături pre și posttensionate și a fundațiilor din beton prefabricat;

— utilizarea pe scară întinsă a schemelor simplificate electrice, cu reducerea echipamentului (de exemplu prin reducerea numărului de întreruptoare și înlocuirea lor cu separatoare de sarcină sau de scurtcircuitare), asimilarea stațiilor și posturilor de transformare capsulate, precum și a posturilor de transformare urbane, în cabine prefabricate, cu transformatoare îngropate; adoptarea în acest scop a echipamentului cu gabarite reduse;

— reducerea pierderilor în rețele, pînă la 8% din energia totală emisă, prin menținerea ridicată a nivelului de tensiune, compensarea puterii reactive și repartizarea optimă a puterii active;

— mărirea numărului stațiilor fără personal permanent, de exploatare, cu asigurarea exploatării lor normale, prin mijloace de automatizare și de telemecanizare.

Prin aplicarea consecventă a acestor măsuri, precum și a altora a căror necesitate va apărea ulterior, muncitorii, inginerii și tehnicienii din sectorul energiei electrice, îndrumați de partid, vor ridica mai departe nivelul tehnic al activității lor puse în slujba electrificării și industrializării socialiste a patriei noastre.

MŰSZAKI-RÓNTTAK-ORSZÁGOS- 1883

СОДЕРЖАНИЕ

ДК 621.311.1.002(498)

Gheorghe N.: **Достижения 10-летнего плана электрификации страны**

Energetica, *8* (1960) N° 12, стр. 517–522

ДК 621.311.21 : 627.8.002

Nourescu A., Dicanou A. Gilbert A: **Устройство ГЭС им. В. И. Ленина, Биказ, на реке Бистрица**

Energetica, *8* (1960) N° 12, стр. 523–536

ДК 621.311.21.002

Pavel D. şi Prişcu R.: **ГЭС Саду V**

Energetica, *8* (1960), N° 12, стр. 537–546

ДК 621.311.21.002

Mateescu C. и Sipiceanu M.: **ГЭС Мороень.**

Energetica, *8* (1960), N° 12, стр. 547–555

ДК 621.311.22.002

Moţoiu C. и F. Rouădedeal: **ТЭЦ Парошень.**

Energetica, *8* (1960), N° 12, стр. 556–564

ДК 621.311.22.002

Constantinescu C. и A. Haiau: **ТЭЦ „Стеауа рошие" – Сынджорджиу де Пэдуре.**

Energetica, *8* (1960), N° 12, стр. 565–570

ДК 621.311.22 : 697.31/002

Borşa I., Ciupuliga I и Mişu A.: **Теплофикационная электроцентраль Борзешть.**

Energetica, *8* (1950), N° 12, стр.571–580

ДК 621.311.22.002

Kraft M: **ТЭЦ им Георге Георгиу-Деж, Дойчешть**

Energetica, *8* (1960), N° 12, стр. 581–588

ДК 621.315.05 : 621.316.1.002

Constantinescu E.: **Развитие электро-передаточных и распределительных установок в РНР за период 1950–1960 гг. и создание национальной энергетической системы.**

Energetica, *8* (1960), N° 12, стр. 589–599

ДК 697.34 : 621.311.1.002(498)

Stăncescu I. D.: **Развитие теплофикации в рамках плана электрификации страны за период 1951–1960 гг.**

Energetica, *8* (1960), N° 12, стр. 600–604

ДК 351.712.2 : 621.311.1.002(498)

Vlad A.: **Создание и развитие строительно-монтажного энергетического сектора.**

Energetica *8* (1960), N° 12, стр. 605–609

ДК 621.311.1 001/2

Popovici T.: **Рост технического уровня производства в электроэнергетической промышленности.**

Energetica, *8* (1960), N° 12, стр. 610–612

INHALTSVERZEICHNIS

DK 621.311.1 002(498)

Gheorghiu N.: **Erfolge im Rahmen des Zehnjahresplans für den Ausbau der Energieversorgungsanlagen**

Energetica, *8* (1960) H. 12, S. 517–522

DK 621.311.21 : 627.8.002

Nourescu A., Diaconu A. und *Gilbert A.*: **Ausbau des Wasserkraftwerks „V. I. Lenin" in Bicaz auf der Bistritza**

Energetica *8* (1960), H. 12, S. 523–536

DK 621.311.21.002

Pavel D. und Prişcu R.: **Das Wasserkraftwerk Sadu V**

Energetica, *8* (1960), H. 12, S. 537–546

DK 621.311.21.002

Mateescu C. und Sipiceanu M.: **Das Wasserkraftwerk Moroieni**

Energetica ,*8* (1960), H. 12, S. 547–555

DK 621.311.22.002

Moţoiu C. und F. Rouădedeal: **Das Dampkraftwerk Paroşeni**

Energetica, *8* (1960), H. 12, S. 556–564

DK 621.311.22.002

Constantinescu C. und Haidu A.: **Das Dampfkraftwerk Singiorgiu de Pădure**

Energetica, *8* (1960), H. 12, S. 565–570

DK 621.311.22 : 697.34.002

Borşa I. Ciupuliga I. und *Mişu A.*: **Das Haizkraftwerk Borzeşti**

Energetica, *8* (1960), H. 12, S. 571–580

DK 621.311.22.002

Kraft M.: **Das Dampfkraftwerk „Gheorghe Gheorghiu-Dej" Doiceşti**

Energetica, *8* (1960), H. 12, S. 581–588

DK 621.315.05 : 621.316.1.002

Constantinescu E.: **Ausbau der inländischen Energietransport- und Verteilungsnetzes in den Jahren 1951–1960 und Schaffung des einheitlichen Landesversorgungsnetzes**

Energetica, *8* (1960), H. 12, S. 589–599

DK 697.34 : 621.311.1.002(498)

Stăncescu I. D.: **Entwicklung von Heizkraftanlagen im Rahmen des Energieversorgungsplans in den Jahren 1951–1960**

Energetica, *8* (1960), H. 12, S. 600–604

DK 351.712.2 : 621.311.1.002(498)

Vlad A.: **Gründung und Entwicklung des Bau-und Montagesektors für Energieanlagen**

Energetica, *8* (1960), H. 12, S. 605–609

DK 621.311.1.001/2

Popovici T.: **Erzielung höherer technischer Leistungen im Betrieb der Energieversorgungslagen in den Jahren 1950 – 1960**

Energetica, *8* (1960), H. 12, S. 610–612

1883

SOMMAIRE

CD 621.311.1.002(498)

Gheorghiu N. : **Réalisations concernant le plan décennal d'électrification**

Energetica, *8* (1960), no. 12, p. 517–522

CD 621.311.81.627.8.002

Nourescu A., Diaconu A. et Gilbert A. **Aménagement de l'usine hydro-électrique „V. I. Lénine" sur la rivière Bistritza**

Energetica, *8* (1960), no. 12, p. 523–536

CD 621.311.21.002

Pavel D. et Prişcu R. : **L'usine hydro-électrique Sadu V**

Energetica, *8* (1960) no. 12, p. 537–546

CD 621.311.21.002

Mateescu C. et Sipiceanu M. : **L'usine hydro-électrique de Moroieni**

Energetica, *8* (1960), no. 12, p. 547–555

CD 621.311.21.002

Moţoiu C. and Rouădedeal F. : **La Centrale thermo-électrique de Paroşeni**

Energetica, *8* (1960), no. 12, p. 556–564

CD 621.311.21.002

Constantinescu C. et Haidu A. : **La centrale thermo-électrique „Steaua Roşie" Sîngeorgiu de Pădure**

Energetica (*8* (1960), no. 12, p. 565–570

CD 621.311.22 : 697.34.002

Borşa I., Ciupuliga I. et Mişu A. : **La centrale tehrmo-électrique de Borzeşti**

Energetica, *8* (1960 , no. 12, p. 571–580

CD 621.311.22.002

Kraft M. : **La centrale thermo-électrique „Gheorghe Gheorghiu-Dej" de Doiceşti**

Energetica, *8* (1960), no. 12, p. 581–588

CD 621.315.05 : 621.316.1.002

Constantinescu E. : **Développement des installations de transport et de distribution de l'énergie électrique dans la République Populaire Roumaine entre 1950 et 1960 et formation du système énergétique national**

Energetica, *8* (1960), no. 12, p. 589–599

CD 697.34 : 621.311.1.002 (498)

Stăncescu I.D. : **Développement de la thermofication dans le cadre du plan d'électrification entre 1951 et 1961**

Energetica, *8* (1960), no. 12, p. 600–604

CD 351.712,2 : 621.311.1.002(498)

Vlad A. : **Création et développement du secteur de constructions et de montages énergétiques**

Energetica, *8* (1960), no. 12, p. 605–609

CD 621.311.1.001/2

Popovici T. : **Élévation du niveau technique de la production dans l'industrie de l'énergie électrique**

Energetica, *8* (1960) no. 12, p. 610–612

CONTENS

DC 621.311.1.002(498)

Gheorghiu N. : **Achievements of the ten-year electriifcation plan**

Energetica, *8* (1960) no. 12, p. 517–522

DC 621.311.21 : 627.8.002

Nourescu A. Diaconu A. and Gilbert A. : **Management of the „V. I. Lenine" hydroelectrical power plant, in Bicaz, on the Bistritza river**

Energetica, *8* (1960), no. 12, p. 523–536

DC 621.311.21.002

Pavel D. and *Prişcu R.* : **The Sadu V hydroelectrical power plant**

Energetica, *8* (1960), no. 12, p.537–546

DC 621.311.21.002

Mateescu C. and Sipiceanu M. : **The Moroeni hydroelectrical power plant**

Energetica, *8* (1960), no. 12, p. 547–555

DC 621.311.22.002

Moţoiu C. and Rouădedeal F. : **The Paroşeni thermo-electrical power plant**

Energetica, *8* (1960), no. 12, p. 556–564

DC 621.311.22.002

Constantinescu C. and Haidu A. : **The „Steaua Roşie" thermo-electrical power plant in Sîngiorgiu de Pădure**

Energetica, *8* (1960), no. 12, p. 565–570

DC 621.311.22 : 697.34.002

Borşa I., Ciupuliga I. and *Mişu A.* : **The thermo-electrical power plant in Borzeşti**

Energetica, *8* (1960), no. 12, p. 571–580

DC 521.311.22.002

Kraft M. : **The „Gheorghe Gheorgiu-Dej" thermo-electrical power plant in Doiceşti**

Energetica, *8* (1960), no. 12, p. 581–588

DC 621.315.05 : 621.316.1.002

Constantinescu E. : **The development of transport and distribution equipment for electric power in the R.P.R. between 1950 and 1960 and the creation of the national power system**

Energetica, *8* (1960), no. 12, p. 589—599

DC 697.34 : 621.311.1.002(498)

Stăncescu I.D. : **The development of the thermofication within the framework of the electrification plan from 1951—1960**

Energetica, *8* (1960), no. 12, p. 600—604

DC 351.712.2 : 621.311.1.002(498)

Vlad A. : **Creation and development of the power building and assembling sector**

Energetica, *8* (1960), no. 12, p. 605–609

DC 621.311.1.001/2

Popovici T. : **Raising the technical level of production in the electric power industry**

Energetica, *8* (1960), no. 12, p. 610–612

OSZTÁLYOS · MUSZAKI · KÖNYVTÁR · 1883

HOTĂRÎREA

COMITETULUI CENTRAL AL PARTIDULUI MUNCITORESC ROMÎN ŞI A CONSILIULUI DE MINIŞTRI AL REPUBLICII POPULARE ROMÎNE CU PRIVIRE LA RIDICAREA NIVELULUI TEHNIC AL PRODUCŢIEI

HOTĂRÎREA

COMITETULUI CENTRAL AL PARTIDULUI MUNCITORESC ROMÎN
ŞI A CONSILIULUI DE MINIŞTRI AL REPUBLICII POPULARE ROMÎNE
CU PRIVIRE LA RĂSPLATA MUNCII ÎN INDUSTRIA CONSTRUCŢIILOR

HOTĂRÎREA

Comitetului Central al Partidului Muncitoresc Romîn şi a Consiliului de Miniştri al Republicii Populare Romîne cu privire la ridicarea nivelului tehnic al producţiei

In anii regimului de democraţie populară s-au înregistrat succese însemnate în industrializarea socialistă a ţării, în ridicarea nivelului tehnic al producţiei. Înfăptuirea progresului tehnic s-a obţinut prin construirea de fabrici şi uzine înzestrate cu utilaje moderne, prin reutilarea întreprinderilor existente cu maşini, agregate şi instalaţii de un înalt nivel tehnic, fapt care a contribuit în măsură însemnată la creşterea producţiei, a productivităţii muncii şi la realizarea de economii prin reducerea cheltuielilor de producţie.

Numai în anii 1956—1959 au fost construite un număr de 101 întreprinderi noi, 93 de secţii noi, iar 294 de întreprinderi au fost reutilate şi dezvoltate.

Nivelul tehnic ridicat al maşinilor, agregatelor şi instalaţiilor produse în ţară sau importate cu care au fost înzestrate întreprinderile industriale a contribuit în mare măsură la creşterea de peste trei ori a producţiei industriale şi la dublarea productivităţii muncii în perioada 1950—1959.

Au fost construite pe baza unei tehnici avansate obiective industriale importante pentru economia naţională ca secţia de furnale noi, laminorul de 650 mm, blumingul şi noua oţelărie Martin de la Combinatul siderurgic-Hunedoara, oţelăria de la Reşiţa, laminorul de ţevi de la Roman, termocentralele Borzeşti şi Paroşeni, uzinele „Iosif Rangheţ"-Arad, uzinele „Tudor Vladimirescu"-Bucureşti, fabrica de rulmenţi de la Bîrlad, uzinele „Electroputere"-Craiova, Combinatele chimice de la Govora şi Năvodari, fabrica de fire şi fibre sintetice de la Săvineşti, reactorul atomic, complexele pentru industrializarea lemnului de la Brăila, Gălăuţaşi şi Tg. Jiu, complexul de la Chiscani şi încă multe altele.

Înzestrarea cu utilaje de înaltă tehnicitate, extinderea mecanizării şi adîncirea specializării producţiei la uzinele „Ernst Thälmann"-Oraşul Stalin, au dus în anul 1959 la creşterea productivităţii muncii cu 25 la sută faţă de anul 1958 obţinîndu-se totodată şi o îmbunătăţire a calităţii produselor.

Realizarea noii instalaţii de fabricare a semicocsului prin procedeul în pat fluidizat a dus la reducerea preţului de cost cu 15—20 la sută şi reducerea investiţiei specifice de circa 4 ori faţă de vechile instalaţii.

Introducerea în exploatare a noilor instalaţii de foraj 4—LD proiectate şi fabricate la un nivel tehnic înalt de industria constructoare de maşini din ţara noastră, a dus la mărirea vitezei de foraj şi la reducerea preţului de cost cu peste 20 la sută faţă de rezultatele ce se obţin cu vechile tipuri de instalaţii.

La noua unitate industrială pentru fabricarea de plăci aglomerate din lemn de la Brăila, utilată cu maşini la nivelul tehnicii moderne şi unde procesul de producţie este complet mecanizat, se realizează un indice de folosire a masei lemnoase de aproape 2 ori mai mare decît la celelalte unităţi de prelucrare a lemnului.

Creşterea nivelului tehnic al producţiei s-a obţinut şi prin introducerea sau extinderea unor *noi procedee tehnologice* în întreprinderile industriale. Astfel, în industria petroliferă s-au introdus forajul cu turbina, fisurarea hidraulică, desalinarea electrică, ş.a. ; în industria constructoare de maşini — turnarea în forme întărite cu bioxid de carbon, sudura automată sub flux, călirea prin curenţi de înaltă frecvenţă, precum şi alte procedee tehnologice avansate, care au dus la creşterea productivităţii muncii, îmbunătăţirea calităţii producţiei şi la economii materiale şi băneşti.

Introducerea tehnicii noi în ramurile economiei naţionale a dus de asemenea la *valorificarea superioară a materiilor prime, materialelor şi combustibilului.*

Toate acestea demonstrează că *acolo unde procesul de producţie se bazează pe realizările actuale ale ştiinţei şi tehnicii, nivelul productivităţii muncii este superior, iar preţul de cost pe unitatea de produs este mult mai redus faţă de locurile de producţie unde tehnica nouă nu a fost încă introdusă.*

La ridicarea nivelului tehnic de producţie, o contribuţie însemnată o are *industria constructoare de maşini a ţării noastre, care a reuşit să satisfacă din punct de vedere al volumului şi al sortimentelor cea mai mare parte a necesităţilor economiei naţionale,*

în plină dezvoltare. În anii 1950—1959 s-au fabricat peste 500 tipuri de mașini și instalații noi, multe dintre acestea fiind de nivel tehnic ridicat ca : instalații de foraj, tractoare, strunguri, nave maritime și fluviale, turbo suflante, utilaj minier, mașini și aparate electrice și altele.

De asemenea se află în curs de asimilare în vederea fabricării de serie locomotiva Diesel-electrică de 2 100 CP, cargoul de 4 500 tone, noi tipuri de motoare Diesel, precum și alte noi tipuri de mașini, agregate și utilaje.

Progrese importante s-au obținut și în celelalte ramuri industriale. Astfel, în industria chimică s-au construit și sînt în construcție o serie de obiective industriale de mare capacitate pentru valorificarea superioară a resurselor de materii prime din țară (gaz metan, produse petroliere sare, stuf) prin fabricarea de cauciuc sintetic, îngrășăminte chimice, detergenți, mase plastice, fibre și fire sintetice etc.

Creșterea producției și a nivelului tehnic au determinat creșterea exportului de produse industriale în perioada 1950—1959 de 2,5 ori ; exportul de mașini și utilaje a crescut în această perioadă de aproape 9 ori, iar cel de produse chimice de 2,4 ori.

Progresul tehnic în toate ramurile economiei naționale se înfăptuiește pe baza traducerii în viață a hotărîrilor Partidului Muncitoresc Romîn și guvernului Republicii Populare Romîne cu privire la industrializarea socialistă a țării.

Succesele obținute în domeniul ridicării nivelului tehnic al producției și al îmbunătățirii calității produselor se datoresc muncii entuziaste a maselor de muncitori, ingineri și tehnicieni, mobilizați de organele și organizațiile de partid pentru introducerea în producție a celor mai noi cuceriri ale tehnicii și științei, pentru folosirea deplină a capacităților de producție pentru organizarea superioară a producției, în vederea ridicării necontenite a productivității muncii și scăderii prețului de cost, creșterii acumulărilor socialiste, dezvoltării continue a economiei naționale și ridicării bunăstării oamenilor muncii.

Ajutorul multilateral acordat țării noastre de către Uniunea Sovietică și colaborarea cu celelalte țări ale lagărului socialist au avut un rol important în creșterea nivelului tehnic al producției.

În domeniul ridicării nivelului tehnic al producției mai există însă o serie de lipsuri, în unele cazuri rezultatele obținute nefiind pe măsura posibilităților create.

Astfel, menținerea în producție a mașinilor învechite, ca și lipsa de preocupare a unor beneficiari și constructori de a pune în fabricație utilaje cu indici ridicați și de a moderniza produsele existente, precum și insuficienta documentare și dezvoltare a serviciilor de proiectare, insuficienta pregătire tehnologică a fabricației, ca și lipsa de standuri de probă, au dus la executarea unor produse industriale cu caracteristici tehnice depășite în comparație cu nivelul tehnicii moderne, gabarite și greutăți specifice prea mari și consumuri ridicate de materii prime, metal, combustibil.

Deficiențe se constată și în ceea ce privește pregătirea tehnologică a fabricației unor produse noi. De multe ori s-a trecut la fabricația în serie a unor produse ale căror prototipuri nu erau omologate în prealabil, sau nu aveau pregătite documentația și echipamentul tehnologic necesar, ca, de exemplu, troleibuzul fabricat de uzinele „Tudor Vladimirescu" și tramvaiul „V-53" pus în fabricație la uzinele „Electroputere" Craiova. Aceasta se datorește îndeosebi faptului că activitatea serviciilor constructorului șef, tehnologului șef și a atelierelor de prototipuri și de sculărie din unele întreprinderi nu s-a ridicat la nivelul cerut de actuala dezvoltare a tehnicii producției.

Ministerul Industriei Grele nu s-a preocupat în mod corespunzător de problemele de organizare, de asigurarea cu cadre calificate și dezvoltarea birourilor de proiectare ale constructorului șef și a birourilor de pregătire tehnologică din uzine. De asemenea nu a dotat întreprinderile cu suficiente standuri de probă, ceea ce creează dificultăți în asigurarea controlului caracteristicilor tehnice ale produselor respective.

Deficiențele se datoresc și faptului că unii beneficiari nu cunosc și nu studiază realizările pe tărîm mondial în privința utilajelor, mașinilor și instalațiilor specifice ramurii lor, acceptînd sau chiar cerînd punerea în fabricație a unor tipuri de mașini depășite de realizările tehnicii moderne.

De asemenea unii beneficiari nu studiază din timp necesitățile pe care le au și prezintă cereri urgente de fabricație a unor utilaje și — ca urmare — termenele acordate întreprinderilor producătoare sînt prea scurte și nu permit respectarea tuturor condițiilor de pregătire. Astfel, din cauza termenului scurt de asimilare, o serie de mașini agricole ca semănătoarea de porumb, grapa cu colți reglabili și altele au fost puse în fabricație fără o pregătire corespunzătoare.

Asemenea lipsuri au făcut ca în unele cazuri să se fabrice produse de calitate inferioară, cu durabilitatea redusă, ceea ce a dus la risipă de materiale și de manoperă și a făcut necesare, pentru satisfacerea acelorași cerințe, cantități mai mari de astfel de produse.

Au existat și mai există lipsuri și în privința stabilirii proceselor tehnologice și alegerii instalațiilor la noile secții și întreprinderi. În unele cazuri s-au construit și pus în funcțiune instalații scumpe, fără ca procesul tehnologic și utilajele respective să fi fost experimentate și omologate, ceea ce a dus la dificultăți de exploatare, la produse de calitate inferioară și, ca urmare, la prețuri de cost ridicate. Astfel, defecțiunile instalației pentru decuprarea cenușilor de pirită de la uzinele „P. Poni"-Valea Călugărească se datoresc faptului că aceasta a fost proiectată și executată înainte ca procesul tehnologic să fie omologat.

La introducerea și dezvoltarea tehnicii noi în economia națională o contribuție însemnată revine activității de cercetări tehnico-științifice desfășurate în întreprinderi și institutele de cercetări și proiectări.

Partidul și guvernul au asigurat an de an pentru activitatea de cercetare științifică o bază materială din ce în ce mai largă.

În ultimii 10 ani a fost cheltuită din bugetul de stat pentru cercetările științifice suma de 6 miliarde lei.

Datorită condițiilor create de regimul democrat-popular, activitatea de cercetare științifică din țara noastră a obținut în ultimii ani rezultate îmbucurătoare.

Oamenii de știință au elaborat soluții practice în domeniul modernizării proceselor tehnologice, îmbunătățirii calității producției, contribuind astfel la creșterea producției, a productivității muncii și la reducerea cheltuielilor de producție.

S-a elaborat de către Centrul de cercetări metalurgice al Academiei R. P. Romîne procedeul pentru fabricarea cărămizilor refractare forsteritice.

Prin introducerea în producție a metodei pentru dezbismutizarea plumbului, elaborată de Institutul de cercetări metalurgice, s-au realizat economii anuale de circa 30 milioane lei.

Cu toate realizările obținute, activitatea științifică desfășurată atît la Academia R. P. Romîne cît și la institutele de cercetări ale ministerelor nu este la nivelul eforturilor materiale făcute de statul nostru democrat-popular și la nivelul cerințelor construcției socialiste.

Principalele forțe științifice din țara noastră sînt orientate într-o măsură insuficientă spre rezolvarea problemelor actuale ale industriei, agriculturii, transporturilor și construcțiilor.

Ministerele utilizează în mod nesatisfăcător institutele de cercetări științifice pentru rezolvarea unor probleme importante ale introducerii tehnicii noi în producție, pentru elaborarea de mașini, utilaje și agregate de mare productivitate și pentru îmbunătățirea proceselor tehnologice.

Faptul că activitatea institutelor de cercetări nu este întotdeauna orientată spre rezolvarea problemelor celor mai importante ale producției, iar unele studii și cercetări nu sînt legate de nevoile reale ale producției este oglindit de numărul redus al soluțiilor aplicate în practică ; pe de altă parte, acolo unde soluțiile date de cercetarea științifică s-au dovedit eficace, nu întotdeauna a existat o preocupare suficientă pentru generalizarea aplicării lor.

Astfel, Institutul de cercetări pentru mecanizarea și electrificarea agriculturii a studiat tehnologia de reparație a tractorului I.A.R. care nu se mai produce de mulți ani, iar tractoarele de acest tip existente pe teren sînt scoase treptat din uz. Institutul de energetică al Academiei R. P. Romîne s-a preocupat de studiul energiei solare, problemă care în condițiile actuale nu prezintă urgență pentru economia țării noastre.

La Ministerul Industriei Grele, în decurs de doi ani, din 70 soluții obținute de Institutul de cercetări metalurgice s-au aplicat în producție numai 31, iar din cele 114 soluții date de Institutul de cercetări electrotehnice au fost utilizate doar 43.

Unele departamente, direcții generale și întreprinderi subapreciază problemele progresului tehnic, studiază în mod nesatisfăcător realizările obținute în această privință în străinătate. Se întîmplă cazuri cînd se cheltuiesc bani și materiale și se pierde timp prețios pentru cercetarea unor probleme tehnico-științifice care în străinătate au fost rezolvate și aplicate.

Astfel de cazuri au fost cercetările efectuate la Institutul de cercetări chimice și Institutul de cercetări miniere pentru prăjirea în pat fluidizat a piritelor sărace — a cărei rezolvare a fost obținută din U.R.S.S., prin colaborare tehnico-științifică — sau cercetările executate la Institutul de cercetări electrotehnice, pentru stabilirea tehnologiei fabricării acumulatorilor alcalini, care ar fi putut fi obținută din țările prietene, unde a fost deja rezolvată.

Paralelismele în cercetare și lipsa de profilare a unităților de cercetare științifică au dus la irosire de fonduri și de timp, la risipirea pe un front larg a cadrelor de cercetători și, ca urmare, la o slabă eficiență a cercetărilor științifice.

Astfel, Institutul de studii și cercetări hidrotehnice studiază probleme de hidraulică paralel cu Întreprinderea de cercetări și studii energetice din cadrul Ministerului Industriei Grele. Tot pentru cercetări în domeniul hidrotehnicii există o secție în cadrul Institutului de mecanică aplicată al Academiei R. P. Romîne. Cu cercetările în domeniul feritelor se ocupă în prezent trei institute de cercetări. Cercetări în domeniul metalurgiei se efectuează la Institutul de cercetări metalurgice al Ministerului Industriei Grele cît și la centrul de cercetări metalurgice al Academiei R. P. Romîne.

Propaganda tehnico-științifică și sistemul de informare asupra realizărilor tehnico-științifice din țară și străinătate nu sînt organizate la nivelul actual cerut de introducerea tehnicii noi în toate ramurile economiei naționale. Întreprinderile folosesc prea puțin documentarea tehnică. Unele reviste științifice și tehnice se ocupă prea puțin de problemele actuale ale progresului tehnic, dau puține soluții practice și în mică măsură fac cunoscute realizările noi în știință și tehnică.

O frînă în introducerea tehnicii noi o constituie menținerea în mod nejustificat în procesul de producție a unor mașini și utilaje cu caracteristici învechite și cu randament de lucru scăzut. În loc să fie modernizate sau înlocuite cu tipuri noi, de mare randament, aceste mașini sînt folosite în continuare în producție, ceea ce provoacă cheltuieli nejustificate cu întreținerea lor, menține un nivel scăzut al productivității muncii și al calității produselor și un preț de cost ridicat al producției.

La menținerea în producție a unor utilaje, mașini și agregate cu caracteristici tehnice mult depășite astăzi, contribuie și mentalitatea unor cadre din economie, care în loc să lupte pentru modernizarea acestora și înzestrarea tehnică a procesului de producție cu mașini de înaltă productivitate, înlăturînd tot ceea ce e depășit de cuceririle științei și tehnicii, au o atitudine conservatoare, transferă utilaje vechi de la o întreprindere la alta, efectuează numeroase reparații capitale neeconomicoase, provocînd astfel pagube economiei naționale.

Ministerele și departamentele nu studiază în mod sistematic realizările întreprinderilor fruntașe, ale inovatorilor, în privința modernizării utilajului de producție, a perfecționării proceselor tehnologice și nu se ocupă în mod satisfăcător de extinderea largă a experienței dobîndite în această privință în fabrici, uzine și pe șantiere.

În multe cazuri propuneri valoroase ale inovatorilor în producție nu capătă sprijinul cuvenit din partea conducătorilor întreprinderilor și în ministere.

Există o rămînere în urmă și în ce privește introducerea mecanizării și, îndeosebi, a automatizării proceselor de producție. O serie de lucrări grele și cu volum mare de muncă precum și transportul intern din întreprinderi, care reprezintă o pondere însemnată în cheltuielile de producție, sînt încă slab mecanizate. Din această cauză, în unele ramuri, influența mecanizării și automatizării asupra creșterii productivității muncii și reducerii prețului de cost este încă neînsemnată.

Printre cauzele care au dus la ivirea deficiențelor enumerate a fost și lipsa de urmărire a felului cum se realizează sarcinile puse de partid și guvern privind introducerea și extinderea tehnicii noi, precum și unele lipsuri ale sistemului de cointeresare a cadrelor în introducerea tehnicii noi.

★

Construirea economiei socialiste este de neconceput fără realizarea unui înalt nivel al productivității muncii. Factorul cel mai important care determină creșterea productivității muncii este nivelul tehnic al mijloacelor de producție cu care este înzestrată economia națională.

Căile principale ale progresului tehnic sînt mecanizarea, modernizarea și automatizarea complexă a proceselor de producție acolo unde se justifică din punct de vedere economic. Acțiunea de extindere a mecanizării și automatizării producției va trebui să fie intensificată, orientîndu-se spre acele ramuri în care se poate obține cea mai mare eficacitate economică, concretizată prin creșterea producției și productivității muncii, reducerea consumului de materii prime, materiale, combustibil și îmbunătățirea calității.

Este necesar să se continue îndeosebi mecanizarea treptată a lucrărilor grele și cu volum mare de muncă din industria extractivă, a cărbunelui și minereurilor, din exploatările forestiere și din construcții, precum și la lucrările de încărcări și descărcări în transporturi.

O mai mare atenție să se acorde mecanizării muncilor auxiliare, mai ales în transporturile interne din întreprinderi și transporturile între operații, în toate ramurile de producție și în special în industriile prelucrătoare.

Să se introducă și să se extindă treptat automatizarea instalațiilor industriale și în special a acelora cu procese continue de fabricație cum sînt agregatele siderurgice, anumite instalații din industria chimică, alimentară, materiale de construcții, centrale termo și hidroelectrice.

În industriile prelucrătoare trebuie să se introducă în mod treptat și pe bază de plan tehnic mașini automate individuale și linii automate. Întreprinderile și secțiile din industria constructoare de mașini, importante pentru producția de serie și înzestrarea altor ramuri cu agregate și utilaje, să fie dotate, pe bază de plan, cu mașini-unelte cu program, mașini de copiat electronice, linii automate și semiautomate pentru producția de elemente de mașini și piese de mare serie.

De asemenea este necesar să se înceapă studierea și introducerea aplicațiilor chiberneticii prin folosirea mașinilor electronice de calcul sau a altor sisteme de programare electronică, pentru automatizarea complexă a unor procese de producție — de exemplu la rafinării, instalații ale industriei chimice, mașini-unelte — sau pentru automatizarea unor lucrări de calcule economice și statistice.

O preocupare de seamă trebuie să o constituie *introducerea și extinderea pe scară largă a procedeelor tehnologice moderne,* de înaltă productivitate, cu flux continuu de producție, cu folosirea parametrilor înalți.

Este necesar să se dea o atenție deosebită asimilării de *noi materiale* care sînt necesare dezvoltării diferitelor ramuri și care vor permite eliminarea sau reducerea unor importuri, crearea de noi posibilități de export, fabricarea de produse cu caracteristici superioare, înlocuirea unor materiale deficitare etc.

Pentru asigurarea progresului tehnic în toate ramurile economiei naționale, un rol deosebit de important revine *industriei constructoare de mașini.* De calitatea mașinilor, utilajelor și instalațiilor produse în țară depinde în cea mai mare măsură nivelul tehnic al proceselor de fabricație, atît în întreprinderile noi cît și în cele existente care vor fi reutilate și modernizate.

Pentru a-și putea îndeplini acest rol, industria constructoare de mașini va trebui să modernizeze mașinile și utilajele rămase în urmă, spre a se ajunge la caracteristici constructive și funcționale superioare, la o durată de funcționare și o siguranță de exploatare corespunzătoare nivelului tehnicii mondiale ; să asimilieze și să producă mașini, utilaje și instalații noi ; să utilizeze materiale cu caracteristici superioare (oțeluri rezistente la coroziune și la temperaturi înalte, materiale sinterizate, materiale plastice, ceramice etc.).

Cercetările științifice din domeniul tehnicii vor trebui să se axeze pe rezolvarea problemelor prevăzute în planul de stat și care sînt strîns legate de sarcinile economice și tehnice, trasate diferitelor ramuri ale economiei naționale.

În vederea sporirii eficienței muncii de cercetare și pentru a se evita irosirea cadrelor de cercetare, va trebui să se pornească de la rezultatele atinse în alte țări și să se folosească în mai mare măsură colaborarea tehnico-științifică cu țările prietene. În același scop este necesară îmbunătățirea coordonării cercetărilor efectuate în institutele Academiei R. P. Române, institutele departamentale și în cadrul învățămîntului superior, pentru lichidarea pa-

ralelismelor inutile în cercetări. Se va acorda o atenție deosebită aplicării neîntîrziate în practică a rezultatelor cercetărilor încheiate.

★

Realizarea sarcinilor trasate de cel de-al III-lea Congres al Partidului Muncitoresc Romîn pentru dezvoltarea economiei naționale în perioada 1960—1965 necesită intensificarea introducerii tehnicii noi — sarcină de cea mai mare importanță pentru industrializarea socialistă a țării — în vederea realizării unei productivități înalte a muncii și reducerii continue a prețului de cost, precum și creării condițiilor necesare unei activități susținute a muncitorilor, inginerilor și tehnicienilor, pentru ridicarea permanentă a nivelului tehnic și calității producției.

ÎN ACEST SCOP COMITETUL CENTRAL AL PARTIDULUI MUNCITORESC ROMÎN ȘI CONSILIUL DE MINIȘTRI AL REPUBLICII POPULARE ROMÎNE

HOTĂRĂSC:

1. — *Se înființează Comitetul pentru tehnica nouă de pe lîngă Consiliul de Miniștri al Republicii Populare Romîne, în scopul îndrumării, coordonării și controlului activității legate de introducerea și extinderea tehnicii noi și pentru asigurarea îndeplinirii directivelor și hotărîrilor Partidului Muncitoresc Romîn și ale guvernului Republicii Populare Romîne în acest domeniu.*

2. — Comitetul pentru tehnica nouă are următoarele atribuțiuni :

a) pregătește și supune spre aprobare Consiliului de Miniștri propuneri asupra principalelor direcții de dezvoltare a tehnicii în toate ramurile economiei naționale în concordanță cu sarcinile de dezvoltare curentă și de perspectivă a economiei ;

b) avizează introducerea în producție a celor mai noi procedee tehnice și controlează activitatea ministerelor și a celorlalte organe centrale, a institutelor de cercetări științifice și tehnice privind introducerea în economia națională a tehnicii înaintate, modul cum respectă hotărîrile partidului și guvernului în domeniul tehnicii noi, precum și felul cum se folosesc fondurile destinate cercetărilor tehnico-științifice ;

c) avizează planurile anuale și de perspectivă privind asimilarea de noi mașini și utilaje, de introducere a procedeelor tehnologice avansate și de intensificare a mecanizării și automatizării proceselor de producție ;

d) avizează planurile privind cercetările tehnico-științifice ale ministerelor, ale Academiei R. P. Romîne și celorlalte organe centrale, urmărind ca tematica cercetărilor să corespundă sarcinilor trasate de partid și guvern cu privire la dezvoltarea economiei naționale și la introducerea tehnicii noi, și ca cercetările să înceapă de la nivelul atins în alte țări, pentru a nu se irosi fonduri materiale și timp cu probleme rezolvate. Analizează modul în care se aplică în producție cercetările încheiate și eficacitatea economică a acestora și asigură ca activitatea de cercetare tehnico-științifică să fie subordonată intereselor actuale ale economiei naționale în introducerea tehnicii noi în toate ramurile de producție ;

e) întocmește și prezintă Consiliului de Miniștri propuneri de măsuri în vederea stimulării introducerii tehnicii noi și de creștere a eficacității economice a cercetărilor tehnico-științifice ;

f) avizează introducerea în fabricație a noilor tipuri de mașini, instalații și utilaje, precum și încetarea fabricării tipurilor învechite ; în acest scop, ministerele și celelalte organe centrale sînt obligate să prezinte Comitetului pentru tehnica nouă studii tehnico-economice ;

g) avizează tipurile și mărcile mașinilor și utilajelor, precum și indicii tehnico-economici ai instalațiilor complexe ce urmează a fi importate ;

h) avizează din punct de vedere al caracteristicilor tehnico-economice mașinile și instalațiile complexe fabricate în țară propuse pentru export ;

i) ajută ministerele în privința activității de unificare și tipizare a elementelor de mașini și a subansamblelor în vederea asigurării interșanjabilității acestora și pentru dezvoltarea producției de mașini, utilaje și instalații ;

j) avizează propunerile ministerelor și celorlalte organe centrale privind profilarea întreprinderilor. Controlează modul cum ministerele înfăptuiesc cooperarea între întreprinderi ;

k) întocmește propuneri pentru îmbunătățirea stimulării inovatorilor și inventatorilor și pentru generalizarea invențiilor și inovațiilor ;

l) îndrumează activitatea de strîngere a materialelor de documentare și informare asupra dezvoltării științei și tehnicii din țară și străinătate ;

m) analizează modul în care ministerele se preocupă de înlocuirea mașinilor și utilajelor cu uzură fizică și morală avansată, care au un randament scăzut, mențin un preț de cost ridicat și dau o producție de calitate slabă ;

n) controlează și îndrumează activitatea Direcției generale pentru energie, metrologie, standarde și invenții.

A). ALEGEREA TIPURILOR DE PRODUSE CARE URMEAZĂ A FI FABRICATE ȘI A CELOR CARE VOR FI IMPORTATE

3. — Produsele de serie precum și unicatele importante pentru economia națională vor fi însușite în fabricație numai după întocmirea prealabilă a unor *studii tehnico-economice* complete.

Aceste produse de serie sau unicate trebuie să corespundă caracteristicilor tehnice ale produselor similare de înalt nivel tehnic realizate în alte țări.

Nomenclatorul acestor produse va fi întocmit de ministere și celelalte organe centrale, avizat de Comitetul pentru tehnica nouă și aprobat de Consiliul de Miniștri.

4. — Studiul tehnico-economic va fi întocmit :

— de către ministerul sau organul central producător, pentru agregatele, mașinile, utilajele, apa-

ratele şi produsele care au o utilizare generală, precum şi pentru produsele la care acesta este şi beneficiar principal ;

— de către ministerul sau organul central beneficiar cu avizul ministerului producător pentru agregatele, maşinile, utilajele, aparatele şi produsele specifice ramurii respective.

Studiul tehnico-economic va fi avizat de Consiliul tehnico-ştiinţific al ministerului sau organului central care l-a întocmit, şi aprobat de către ministru.

La avizarea studiilor tehnico-economice privind produsele pentru export şi principalele bunuri de consum, la şedinţele consiliilor tehnico-ştiinţifice ale ministerelor vor participa şi reprezentanţi ai Ministerului Comerţului pentru a contribui la asigurarea producerii de către industrie a produselor de calitate corespunzătoare atît pentru export cît şi pentru consumul intern.

Pentru produsele ce se propun a fi incluse în planul tehnic de stat, studiile tehnico-economice vor fi aprobate de către Comitetul pentru tehnica nouă.

5. — Studiul tehnico-economic va cuprinde analiza necesităţilor interne şi a posibilităţilor de export pe o perioadă de circa 5 ani, caracteristicile tehnice şi de exploatare în comparaţie cu performanţele produselor similare din ţările industriale avansate, baza de materii prime necesare, analiza posibilităţilor tehnologice de fabricaţie, preţul de cost estimat al producţiei curente, precum şi alte date din care să rezulte necesitatea, oportunitatea, urgenţa şi rentabilitatea asimilării produsului respectiv.

Studiul tehnico-economic va cuprinde pentru maşini, utilaje, aparate — tema de proiectare, iar pentru materiale — fie tema de cercetare, fie reţeta de fabricaţie.

6. — Ţinînd seama că *modernizarea produselor constituie o sarcină permanentă a tuturor întreprinderilor şi ministerelor,* produsele aflate în fabricaţie curentă vor fi revizuite din punct de vedere al caracteristicilor tehnico-economice, al consumului de materiale şi manoperă şi al durabilităţii lor, pentru a fi aduse la nivelul tehnicii avansate ; propunerile de modernizare vor fi făcute de asemenea pe bază de studii tehnico-economice.

Comitetul de Stat al Planificării, Comitetul pentru tehnica nouă, ministerele şi organele centrale vor prevedea în plan mijloacele materiale necesare pentru realizarea acestei acţiuni.

Pentru prima etapă, ministerele şi celelalte organe centrale vor prezenta Comitetului pentru tehnica nouă un program de modernizări ale produselor în următorii 2 ani, arătînd concret în ce constă modernizarea, calculul tehnico-economic şi planul lucrărilor. Ministerele şi celelalte organe centrale vor comunica semestrial Comitetului pentru tehnica nouă şi Comitetului de Stat al Planificării rezultatele obţinute şi prevederile pentru viitor.

7. — Ministerele şi celelalte organe centrale vor importa maşini, instalaţii tehnologice şi alte produse importante numai pe baza unor studii comparative a produselor similare din diferite ţări, din punct de vedere al caracteristicilor tehnice, al comportării lor în exploatare şi al preţului de cost, astfel ca acestea să fie la nivelul tehnic cel mai înalt, de cea mai bună calitate şi cu eficienţă economică maximă.

B). RESPECTAREA DISCIPLINEI TEHNOLOGICE ŞI ÎMBUNĂTĂŢIREA CALITĂŢII PRODUSELOR

8. — Asimilarea şi fabricarea maşinilor şi utilajelor noi de serie, precum şi a unicatelor importante se va face numai cu aprobarea Consiliului de Miniştri. Nomenclatorul produselor care intră în aceste prevederi se va întocmi de către Comitetul pentru tehnica nouă, în colaborare cu Comitetul de Stat al Planificării, pe baza propunerilor ministerelor — şi se va aproba de către Consiliul de Miniştri.

9. — Ministerele şi celelalte organe centrale, comitetele executive ale sfaturilor populare regionale, al Capitalei R. P. Romîne şi al oraşului Constanţa, precum şi întreprinderile vor veghea ca produsele de serie — maşini, utilaje, instalaţii, agregate etc. — să se fabrice numai pe bază de documentaţie tehnică completă, avizată de Comitetul pentru tehnica nouă şi de Comitetul de Stat al Planificării.

De asemenea, producţia bunurilor de consum să se fabrice pe bază de documentaţie completă.

Fabricaţia de serie sau de masă se va începe numai după omologarea prototipurilor şi a seriei zero (cap de serie) aprobată de Consiliul de Miniştri.

Ministerele vor lua măsuri pentru elaborarea documentaţiei tehnice şi a fazelor de asimilare în fabricaţie a produselor, potrivit prevederilor prezentei hotărîri.

10. — În cursul asimilării produselor şi punerii în funcţiune a instalaţiilor tehnologice noi, institutele de cercetări şi proiectări care au participat la conceperea acestora sînt obligate să acorde pînă la omologare, asistenţă tehnică întreprinderilor respective, pentru realizarea caracteristicilor şi calităţii prevăzute de proiect ; institutele de cercetări şi proiectări răspund de realizarea caracteristicilor tehnologice a produselor proiectate.

11. — Pentru lichidarea rămînerii în urmă în unele domenii ale tehnicii, se vor lua măsuri pentru dezvoltarea în institute şi întreprinderi a capacităţilor de studii, cercetări şi proiectări, în vederea găsirii soluţiilor celor mai moderne şi realizării în timpul cel mai scurt a decalajului necesar între proiectare, pregătirea fabricaţiei şi execuţia produselor.

Pentru îmbunătăţirea caracteristicilor constructive ale produselor şi perfecţionarea proceselor tehnologice, *întreprinderile vor organiza, respectiv dezvolta, ateliere de prototipuri, standuri de probă şi laboratoare uzinale de cercetare şi experimentare* cu avizul Comitetului de Stat al Planificării şi Comitetului pentru tehnica nouă ; în aceste unităţi se vor executa şi experimenta şi invenţiile şi inovaţiile care prezintă interes pentru economia naţională.

Pentru asigurarea echipării tehnologice corespunzătoare a proceselor de producție, întreprinderile producătoare de mașini, utilaje, aparate și bunuri metalice de consum vor dezvolta în mod corespunzător capacitatea atelierelor de scule, dispozitive, verificatoare, modele și matrițe, prin regruparea mașinilor existente și completarea cu utilaje și instrumente de calitate superioară.

12. — Pentru asigurarea capacității de cercetare și de proiectare necesară, evitarea paralelismului în proiectări de mașini, utilaje și aparate, precum și pentru raționalizarea și tipizarea acestora, Ministerul Industriei Grele va lua următoarele măsuri :

— Avînd în vedere că ridicarea nivelului tehnic al produselor și asigurarea unei calități corespunzătoare depind în primul rînd de serviciile de concepție din fabrici și uzine, va dezvolta *serviciile constructorului-șef și tehnologului-șef* din întreprinderi. Serviciul constructorului-șef are sarcina de a proiecta mașini și utilaje cu caracteristici constructive și funcționale superioare, bazîndu-se pe cele mai noi cuceriri ale tehnicii și pornind de la cele mai perfecționate mașini și utilaje realizate de tehnica mondială. Serviciul tehnologului-șef va urmări aplicarea procedeelor tehnologice moderne care să asigure calitatea produselor și un preț de cost al acestora cît mai scăzut. Pentru realizarea sarcinilor sporite ce le revin, aceste servicii vor fi încadrate cu cei mai buni ingineri și tehnicieni.

— Pentru asigurarea proiectării produselor noi care se fabrică în mai multe uzine, *unitatea de proiectare din uzina principală (coordonatoare) va îndruma și coordona serviciile constructorului-șef și al tehnologului-șef, va urmări executarea sculelor, dispozitivelor și verificatoarelor celorlalte uzine colaboratoare* pentru ca astfel să se asigure ridicarea nivelului tehnic al produselor.

— Va organiza și dezvolta grupe de cercetări și proiectări care să se ocupe de problemele utilajelor termoenergetice (cazane, motoare etc.).

— Va întări sectorul de cercetare din cadrul Institutului tehnologic pentru construcții de mașini și electrotehnice, astfel ca acesta să poată deservi întreprinderile din ramura constructoare de mașini în problemele sectoarelor primare (turnătorie, forje, sudură).

— Va organiza în termen de un an evidența prin fișe a proiectelor de mașini, utilaje și aparate fabricate în unitățile sale și cele ale altor ministere ; de asemenea va organiza evidența proiectelor întocmite în țară sau obținute din alte țări, care nu au fost aplicate, pentru a se evita repetarea proiectării unor mașini și utilaje care au proiecte întocmite în țară sau obținute din străinătate.

Direcția generală pentru energie, metrologie, standarde și invenții va extinde elaborarea de *proiecte-tip pentru elemente de mașini, utilaje, aparate și instalații* și va lua măsurile pentru aplicarea lor. Proiectele-tip pentru mașini, utilaje, aparate și instalații trebuie să fie întocmite la nivelul tehnicii moderne.

— Va asigura îndeplinirea sarcinilor ce revin Direcției de livrări complexe, care are ca obiect :

contractarea cu beneficiarul a livrării întregului volum de utilaje pentru instalațiile și liniile tehnologice complexe ;

coordonarea întocmirii proiectelor de către beneficiar și de către întreprinderile furnizoare, în conformitate cu graficele stabilite și la nivelul tehnic modern ;

stabilirea în colaborare cu beneficiarul și cu direcțiile generale productive din Ministerul Industriei Grele și alte departamente, a listelor de utilaje și aparataj ce se execută în țară și a celor ce se vor aduce prin import, obținînd avizele legale necesare ;

contractarea cu întreprinderile producătoare și cele de comerț exterior a utilajelor și aparaturii necesare ;

urmărirea realizării de către întreprinderi a utilajelor și aparaturii la nivelul tehnic și calitatea prescrisă în proiect ;

urmărirea desfășurării montajului general și a acordării de către întreprinderile furnizoare de utilaje și aparatură a ajutorului tehnic stabilit prin contracte ;

urmărirea modului de funcționare a instalațiilor în perioada de rodaj și a îndeplinirii de către întreprinderile furnizoare a obligațiilor ce le revin pentru asigurarea funcționării optime a instalațiilor livrate.

— Va prelua treptat, în termen de 1—2 ani, de la ministerele beneficiare, proiectarea mașinilor, utilajelor și aparatelor care se produc sau se vor produce în întreprinderile sale. Numai în cazuri excepționale proiectele de execuție ale utilajelor și instalațiilor specifice ale unor ramuri industriale (chimică, materiale de construcții, ușoară etc.) și cu caracter unical se vor putea executa de către beneficiar, cu acordul producătorului de utilaje.

Comitetul pentru tehnica nouă va urmări desfășurarea acestei acțiuni în vederea asigurării continuității și a nivelului tehnic al produselor.

13. — Ministerele și întreprinderile beneficiare, o dată cu comanda, vor preda ministerului producător și tema de proiectare cu toate elementele necesare, precum și orice altă documentație ajutătoare după care să se poată stabili nivelul tehnic al produsului și să se poată întocmi proiectele de execuție.

14. — Pentru asigurarea bunei calități a produselor, reducerea normelor de consum și micșorarea rebuturilor, Ministerul Industriei Grele și celelalte ministere și organe centrale vor extinde fabricarea aparatelor de măsură și control necesare conducerii raționale a proceselor tehnologice și vor asigura întreținerea și repararea acestora. Direcția generală pentru energie, metrologie, standarde și invenții va urmări aducerea la îndeplinire a acestei sarcini, sub conducerea Comitetului pentru tehnica nouă.

C). ASIGURAREA NIVELULUI TEHNIC ÎN SECȚIILE ȘI FABRICILE NOI

15. — La alegerea soluțiilor pentru investiții în unitățile industriale noi și la dezvoltarea întreprinderilor existente ministerele vor lua măsuri pentru adîncirea studiilor tehnico-economice care fundamentează tema de proiectare, în vederea asigurării celui mai înalt nivel tehnic al acestora.

16. — În devizul proiectului investiției respective se vor include și fondurile necesare pentru documentare și experimentare, precum și fondurile pentru perioada de rodaj pînă la atingerea regimului normal de lucru.

În cazul importului de instalații complexe, încheierea contractului economic se va face numai după avizarea de către Comitetul de Stat al Planificării, iar în ce privește nivelul tehnic al instalațiilor respective și de către Comitetul pentru tehnica nouă.

17. — La analiza studiilor, proiectelor și ofertelor din străinătate, ministerele vor lua măsuri pentru verificarea prealabilă a proceselor tehnologice și a funcționării utilajelor la furnizor. Verificarea și funcționarea utilajului se va face cu materia primă prevăzută pentru aprovizionarea instalației.

18. — În scopul ridicării nivelului tehnic al montajului, întreprinderile furnizoare de instalații și agregate principale își vor constitui, după caz, unități de montaj exterior, sau vor acorda, la cererea celorlalte organizații de montaj, asistență tehnică la montarea agregatelor și la punerea lor în funcțiune.

19. — Pentru a asigura, de la început, buna funcționare a întreprinderilor și secțiilor noi, principalele cadre care le vor deservi vor participa la lucrările de montaj ale instalațiilor respective.

D). PROFILAREA ȘI SPECIALIZAREA ÎNTREPRINDERILOR

20. — *Una din condițiile cele mai importante pentru ridicarea nivelului tehnic al producției și pentru îndeplinirea cu succes a sarcinilor de plan o constituie dezvoltarea continuă a profilării și specializării întreprinderilor din toate ramurile economiei naționale.* Deși în ultimul timp s-au obținut anumite realizări în acest domeniu, totuși profilarea și specializarea în producție a întreprinderilor trebuie extinse, ținîndu-se seama că mai sînt încă multe produse care se realizează în paralel, în întreprinderi diferite, cu prețuri ridicate.

În vederea creării condițiilor pentru realizarea de produse de calitate superioară și mai ieftine, ministerele — pe baza studiilor întocmite pentru planul de perspectivă — vor reactualiza profilul de durată al întreprinderilor pe un nomenclator de produse mai restrîns, concentrînd cît mai mult posibil produsele similare sau de același gen, asigurînd prin aceasta și dezvoltarea cooperării între întreprinderile specializate.

Propunerile de profilare ale întreprinderilor vor fi prezentate de către ministere — cu avizul Comitetului de Stat al Planificării și al Comitetului pentru tehnica nouă — spre aprobare Consiliului de Miniștri.

După profilarea întreprinderilor, introducerea și scoaterea unor produse din profilul acestor întreprinderi se va face numai pe bază de studii tehnico-economice avizate de Comitetul de Stat al Planificării și aprobate de Consiliul de Miniștri.

21. — În vederea îmbogățirii sortimentului și dezvoltării producției la necesarul în perspectivă al întregii economii naționale, Ministerul Industriei Grele, în colaborare cu celelalte ministere, va revedea specializarea unor secții și întreprinderi din ramura constructoare de mașini producătoare de ansamble, subansamble și piese tipizate de folosință generală.

22. — În vederea asigurării necesarului de piese turnate și forjate al întregii economii, Ministerul Industriei Grele, în colaborare cu celelalte ministere interesate, vor lua măsuri pentru profilarea și specializarea turnătoriilor și forjelor mai mari.

E). COOPERAREA ÎNTREPRINDERILOR

23. — Pentru ridicarea la o treaptă superioară a cooperării în producție, atît în cadrul unui singur minister cît și între ministere, Ministerul Industriei Grele, Ministerul Industriei Petrolului și Chimiei, precum și Ministerul Industriei Bunurilor de Consum, vor prezenta Consiliului de Miniștri, în termen de 60 zile, un regulament cu privire la cooperarea întreprinderilor în realizarea de mașini, utilaje și instalații tehnologice complexe după principiul uzinei coordonatoare care răspunde de livrarea în termen, de nivelul tehnic și de calitatea întregii instalații.

Regulamentul va prevedea relațiile între uzina coordonatoare și cele cu care cooperează.

Pentru aceasta, uzina coordonatoare va organiza un *consiliu coordonator* și, după necesități, grupe de cercetare și proiectare, precum și unități de montaj exterior.

Consiliul coordonator va fi condus de directorul uzinei coordonatoare ajutat de directorul tehnic sau inginerul șef al uzinei coordonatoare, fiind compus din directorii tehnici sau inginerii șefi și șefii serviciilor de producție ai uzinelor colaboratoare.

Consiliul coordonator va urmări calitatea produselor fabricate, a materialelor folosite, a prelucrării și aspectul exterior al produselor, precum și livrarea în termen a subansamblelor, de la uzinele colaboratoare, pe bază de grafic, astfel încît produsul finit să poată fi livrat la termenul planificat.

Consiliul coordonator analizează prețul de cost pe toate elementele sale și pe toate subansamblele produsului, în vederea reducerii acestuia. Pe baza acestor analize va face propuneri de reducere a prețului de cost ministerelor de resort, care vor da sarcini corespunzătoare întreprinderilor din subordinea lor.

Consiliul coordonator poate lua măsuri în vederea acordării ajutorului tehnic uzinelor colaboratoare, prin punerea la dispoziție a documentației tehnice, a unor procedee tehnologice perfecționate, scule și dispozitive adecvate și la nevoie — prin transfer — chiar a unor utilaje.

24. — Ministerul Finanțelor și Comitetul de Stat pentru Prețuri vor propune Consiliului de Miniștri măsuri cu privire la prețurile cu ridicata ale produselor realizate prin cooperare astfel încît acestea să devină o pîrghie pentru extinderea și intensificarea cooperării în producție.

F). EXTINDEREA MECANIZARII ȘI AUTOMATIZARII

25. — Ministerele și întreprinderile, pe bază de studii tehnico-economice, vor lua măsuri pentru *extinderea mecanizării lucrărilor grele și cu volum mare de muncă,* introducînd sistemele și utilajele care dau în ramura respectivă cea mai mare eficacitate economică.

26. — Ministerul Industriei Grele va lua măsuri pentru dezvoltarea fabricației utilajelor de mecanizare a transporturilor interne pe bază de proiecte tip în întreprinderile specializate, stabilind o uzină coordonatoare care să execute montajul general al instalațiilor de mecanizare.

27. — Avînd în vedere condițiile materiale care se creează prin însușirea fabricației de semiconductori și de aparatură de automatizare, precum și prin înființarea întreprinderii „Automatica" cu profil complex pentru lucrările de automatizare, ministerele și întreprinderile, în colaborare cu această întreprindere, vor studia și propune introducerea în planurile anuale a lucrărilor de automatizare, în primul rînd a proceselor de producție cu caracter de masă și ciclu continuu.

G). CERCETĂRI, DOCUMENTARE TEHNICĂ

28. — Ministerele vor lua măsuri pentru *aplicarea în producție a rezultatelor cercetărilor tehnico-științifice încheiate,* care au dus la rezultate pozitive și care au fost caracterizate ca atare de consiliile tehnice din ministere și vor urmări aplicarea acestor cercetări în procesul de producție din întreprinderi.

29. — Ministerele, în colaborare cu Institutul de Documentare Tehnică, vor lua măsuri pentru *îmbunătățirea documentației tehnice,* prin procurarea celor mai recente și mai corespunzătoare publicații.

În scopul aplicării cît mai rapide și cu maximum de eficiență a rezultatelor obținute în tehnica modernă, Institutul de Documentare Tehnică va întocmi — la cererea uzinelor — studii aprofundate și de sinteză asupra diferitelor probleme care intervin direct în procesul de producție. Rezultatele acestor studii vor fi predate uzinelor respective sub formă de fișe, alcătuite atît pentru uzul inginerilor cît și la nivelul de cunoștințe al maiștrilor, în vederea aplicării lor pentru ridicarea nivelului tehnic al procesului de producție. Costul acestor lucrări trebuie să fie cît mai redus și va fi suportat din regia generală a întreprinderilor.

Institutul de Documentare Tehnică, în colaborare cu ministerele interesate, va prezenta spre aprobare Consiliului de Miniștri un regulament cu privire la desfășurarea activității organelor de documentare din ministere, instituții și întreprinderi în vederea unei mai bune organizări și coordonări a elaborării și, în special, a folosirii documentației tehnice.

H). MĂSURI PENTRU STIMULAREA INTRODUCERII TEHNICII NOI

30. — Ministerele vor lua măsuri pentru întărirea organizatorică a direcțiilor lor tehnice, asigurînd încadrarea acestora cu tehnicieni de cea mai înaltă calificare.

Direcțiile tehnice din ministere au ca sarcină principală introducerea tehnicii noi.

31. — În ministerele economice, un adjunct al ministrului se va ocupa de problemele introducerii tehnicii noi, care va fi ajutat în această muncă de direcția tehnică și de consiliul tehnic științific al ministerului.

32. — Se vor întări serviciile tehnice din întreprinderi prin încadrarea cu specialiști de înaltă calificare.

Serviciile tehnice se vor ocupa de informarea și documentarea tehnică necesară.

33. — Ministerele, celelalte organe centrale vor asigura ca în posturile de directori ai institutelor de cercetări științifice să fie numite cadre care ocupă un loc de frunte și se bucură de un înalt prestigiu în rîndurile lucrătorilor din domeniul științei. Anual se va face analiza activității institutelor de cercetări științifice ; *aprecierea rezultatelor se va face potrivit îndeplinirii planului de cercetări și gradului de aplicare în producție a lucrărilor terminate.*

34. — Comitetul de Stat al Planificării, Comitetul pentru tehnica nouă, Ministerul Finanțelor și ministerele interesate vor propune Consiliului de Miniștri măsuri în vederea îmbunătățirii și stimulării introducerii tehnicii noi în întreprinderi.

35. — În vederea stimulării orientării celor mai buni ingineri și tehnicieni către munca de concepție, se vor lua măsuri pentru îmbunătățirea retribuirii muncii personalului din serviciile constructorului-șef, tehnologului-șef și metalurgului-șef.

36. — Pentru stimularea colectivelor de muncitori, ingineri, tehnicieni și economiști din întreprinderi, institute de cercetări și proiectări, ateliere de prototipuri, stații-pilot, în realizarea sarcinilor prevăzute în planul tehnic, *se instituie fondul de premiere pentru introducerea tehnicii noi.* Acesta se constituie prin planul anual, pe fiecare minister sau organ central în raport cu importanța sarcinilor planificate pentru anul respectiv, putînd ajunge pînă la 0,5 la sută din fondul de salarii al ramurii, iar pentru industria constructoare de mașini pînă la 1 la sută.

★

Introducerea progresului tehnic în toate ramurile economiei naționale este o sarcină a tuturor oame-

nilor muncii din țara noastră, care cere o intensă activitate organizatorică din partea organelor de partid, de stat, sindicale și de tineret.

Experiența noastră arată că acolo unde introducerea progresului tehnic este condusă de *organizațiile de partid,* se dezvoltă inițiativa creatoare a maselor, se obține o înaltă organizare a producției, iar progresul tehnic devine cauza fiecărui om al muncii.

Organele și organizațiile de partid sînt chemate să conducă lupta pentru asigurarea introducerii continue a progresului tehnic în economia națională, a extinderii mecanizării și introducerii automatizării, să se îngrijească îndeaproape de nivelul tehnic al produselor de care depind calitatea și prețul de cost și să ia atitudine fermă împotriva actelor de formalism și nepăsare față de tehnica nouă, împotriva rutinei și altor atitudini negative care împiedică introducerea și extinderea tehnicii avansate.

Pe baza însușirii unor cunoștințe multilaterale în domeniul realizărilor tehnicii și științei, cadrele de partid și de stat pot și trebuie să conducă acțiunea de perfecționare a proceselor de producție, pentru continua creștere a înzestrării tehnice a muncii și realizarea treptată a mecanizării și automatizării proceselor de producție.

Organele și organizațiile de partid trebuie să exercite un control calificat și permanent asupra felului cum se desfășoară munca de cercetare în întreprinderi, laboratoare și institute, asupra felului cum se realizează sarcina de creștere a nivelului tehnic și de îmbunătățire a calității produselor, precum și asupra modului cum se dezvoltă și se întărește cooperarea între întreprinderi.

Sindicatele au sarcina de a lupta pentru însușirea celor mai noi realizări ale științei și tehnicii și de a se preocupa de creșterea calificării și ridicarea nivelului de cunoștințe tehnice al muncitorilor, maiștrilor, tehnicienilor și inginerilor. Fără continua ridicare a calificării și creșterea cunoștințelor tehnice este de neconceput însușirea tehnicii noi. *În organizarea întrecerii socialiste este necesar ca organele să-și concentreze atenția asupra problemelor de tehnică nouă* ; la încheierea rezultatelor întrecerii socialiste trebuie neapărat să se arate modul cum au fost îndeplinite sarcinile privitoare la introducerea și extinderea tehnicii noi, astfel ca întrecerea socialistă să devină un factor important în lupta pentru introducerea progresului tehnic. Organele sindicale trebuie să se ocupe intens de dezvoltarea mișcării de inovații și raționalizări.

Organizațiile U.T.M. au sarcina de a îndruma tineretul pentru ridicarea calificării la nivelul cerințelor progresului tehnic. Elanul caracteristic tineretului nostru trebuie mobilizat în direcția însușirii tehnicii înaintate și aplicării acesteia în producție.

În centrul preocupărilor organelor și organizațiilor de partid, a organizațiilor de masă și a tuturor cadrelor din economie trebuie să stea introducerea tehnicii noi, ca un mijloc principal de creștere a productivității muncii, de reducere a consumurilor specifice de materii prime, materiale și combustibil, creșterea calității producției și scăderea prețului de cost în vederea dezvoltării mai departe a economiei naționale și creșterea nivelului de trai al oamenilor muncii din țara noastră.

Comitetul Central al Partidului Muncitoresc Romîn

GHEORGHE GHEORGHIU-DEJ

Consiliul de Miniștri al Republicii Populare Romîne

CHIVU STOICA

I. P. 2, c. 2813